



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI – UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO E DOUTORADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS
EXATAS

**O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE MECÂNICA
ESTRUTURAL PARA A VISUALIZAÇÃO DOS MOMENTOS
ATUANTES EM MODELOS ESTRUTURAIS**

Henrique Hickmann Sperb

Lajeado, dezembro de 2019.

Henrique Hickmann Sperb

**O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE MECÂNICA
ESTRUTURAL PARA A VISUALIZAÇÃO DOS MOMENTOS
ATUANTES EM MODELOS ESTRUTURAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* Mestrado e Doutorado Profissional em Ensino de Ciências Exatas, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, na linha de pesquisa tecnologias, metodologias e recursos didáticos para o ensino das Ciências.

Professor Orientador: Prof. Dr. Rogério José Schuck

Lajeado, dezembro de 2019.

Henrique Hickmann Sperb

**O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE MECÂNICA
ESTRUTURAL PARA A VISUALIZAÇÃO DOS MOMENTOS
ATUANTES EM MODELOS ESTRUTURAIS**

A banca examinadora abaixo aprova a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* Mestrado e Doutorado em Ensino de Ciências Exatas, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, na linha de pesquisa tecnologias, metodologias e recursos didáticos para o ensino das Ciências.

Prof. Dr. Rogério José Schuck - Orientador
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Profa. Dra. Márcia Jussara Hepp Rehfeldt
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Profa. Dra. Marli Teresinha Quartieri
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Profa. Dra. Betina Hansen
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Lajeado, 5 dezembro de 2019

*“Quando vocês souberem qual é
exatamente a pergunta, vocês saberão o
que significa a resposta”.*

(ADAMS, 2010, p. 133).

AGRADECIMENTOS

Diversas pessoas participaram dos bastidores deste trabalho e seria no mínimo injusto que não recebessem as gratificações pelo apoio prestado. Além dos autores que aparecem no corpo da pesquisa, outros nomes, esses mais escondidos dos olhos da ciência, foram também de grande importância para a realização desta árdua tarefa, aqui apresentada como uma dissertação de mestrado. Assim sendo, registro com larga satisfação meus agradecimentos às vossas contribuições.

Primeiramente, agradeço às mulheres da minha vida, minha mãe Sandra Lúcia Hickmann Sperb e à minha namorada Sabrina Santos Lima. Obrigado por acreditarem em mim, muitas vezes mais do que eu mesmo, e me motivarem a continuar nessa caminhada, buscando sempre pelo aperfeiçoamento. Tenho certeza que nenhuma dessas páginas existiria se não fosse por vocês.

Aos demais familiares, meu pai Julio Carlos de Brito Sperb, meu irmão Eduardo Hickmann Sperb e meu primo Ricardo Hickmann dos Santos, que, além disso, são meus compreensivos colegas de escritório. Obrigado pela flexibilidade e pelo tempo disponibilizado em horários de expediente para a escrita desta produção. Acredito que poucos sócios seriam tão compreensivos como vocês foram. Também agradeço meu segundo pai, o professor Silvio S. Lima, que acompanhou essa produção desde o início, auxiliando a moldar as ideias que dariam princípio ao projeto de entrada no mestrado.

A todos os meus amigos, especialmente aos meus irmãos de vida Rodrigo Johann Reckziegel Nunes e Carlos Alexandre Wessling, pelos debates sobre a vida,

o universo e tudo mais. Obrigado por todos momentos divididos durante todos esses anos, estou certo de que ainda teremos muitas aventuras pela nossa frente.

Ao meu orientador Dr. Rogério José Schuck, por ter tido a coragem de enfrentar esse desafio. Obrigado por todos os conselhos e, principalmente, por não desistir perante a todas as adversidades que surgiram ao longo do caminho. Abraçamos juntos essa dissertação e agora, depois de dois anos, podemos dizer que essa etapa está cumprida.

Por último, gostaria de agradecer a todos os membros do corpo de funcionários e professores da Univates, que estão comigo desde a graduação até agora no mestrado. Obrigado por representarem essa base à qual muitos alunos constroem suas vidas sobre. Esse trabalho também é de todos vocês.

RESUMO

A presente dissertação tem como tema o uso de tecnologias digitais no ensino de Mecânica Estrutural para a visualização das forças atuantes, especialmente os momentos fletores, em modelos estruturais. Tendo em vista o uso crescente das tecnologias digitais em sala de aula, somado com a inevitabilidade da utilização de *softwares* por projetistas estruturais, o seguinte problema de pesquisa veio à tona: *“como a utilização de softwares de interação gráfica pode ajudar os estudantes a prever o comportamento das forças atuantes em uma estrutura?”*. A fim de responder essa problemática, objetivou-se investigar como o Ftool pode auxiliar os estudantes de Engenharia Civil e de Arquitetura a compreender as reações e cargas em um modelo estrutural. Para isso, foram traçados os seguintes objetivos específicos: I) Desenvolver atividades abordando conceitos pertinentes de Mecânica Estrutural, em parceria com tecnologias digitais; II) relacionar a utilização do *software* de interação gráfica Ftool com a realidade prática de um profissional da construção civil; III) comparar a experiência prévia de cada participante com o tema e elencar sua influência nas atividades; IV) analisar a ampliação de conhecimento dos alunos acerca das forças atuantes em uma estrutura. Para tal, foi proposta uma oficina com a duração de dois períodos de uma hora e meia, ofertada para os alunos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Taquari – Univates. Ao todo, 45 estudantes, divididos em uma turma de 25 e outra de 20 alunos, participaram da pesquisa. As atividades abordam temas pertinentes da vivência profissional de um projetista estrutural, onde o participante deve realizar uma série de exigências do proprietário de uma obra, atualizando seu diagrama de esforços de acordo com as reivindicações. Ao analisar as respostas das atividades, notou-se que muitos participantes não estavam familiarizados com os termos, contudo, ao decorrer da oficina, gradativamente foram aperfeiçoando suas conjecturas. Dessa forma, percebeu-se que os participantes com mais experiência acadêmica redigiram respostas mais completas e, em relação a sua experiência profissional ou com o *software*, não há indícios claros de isso possa ter contribuído para melhores respostas. Portanto, ao comparar o questionário prévios e o pós-oficina, percebeu-se indícios da ampliação de conhecimento acerca dos conceitos básicos presentes em sistemas estruturais, de maneira que o *software* de simulação contribuiu para melhor visualização dos efeitos dos carregamentos no sistema.

Palavras-chave: Ensino. Estrutura. Ftool. Momento fletor. Simulação.

ABSTRACT

The present dissertation has as its theme the use of digital technologies in the teaching of Structural Mechanics in order to visualize the acting forces, especially the bending moments, in structural models. Given the increasing use of digital technologies in the classroom, coupled with inevitable use of software by structural designers, the following research problem has emerged: "*How can the use of graphical interaction software help the students to predict the behavior of forces acting on a structure?*". In order to investigate this problem, the objective of this paper is to investigate how the simulator Ftool can help Civil Engineering and Architecture students to understand the reactions and loads in structural models. For this, the following specific objectives were set: I) Develop activities addressing relevant concepts of Structural Mechanics, in partnership with digital technologies; II) Relate the use of Ftool, a graphical interaction software, with the practical reality of a construction professional; III) Compare the previous experience of each participant with the theme and list its influence; IV) Analyze the students' knowledge expansion about the acting forces in a structure. To this end, it was proposed a workshop lasting two periods of one and a half hours, offered to students of Civil Engineering and Architecture and Urbanism at the University of Vale do Taquari - Univates. Altogether, 45 students, divided into a class of 25 and another of 20 students, participated in the research. The activities address pertinent topics of the professional experience of a structural designer, where the participant must perform a series of requests by the owner of a building, updating his force diagram according to these claims. Analyzing the replies to the activities, it was noted that many participants were unfamiliar with the boarded terms, but as the workshop progressed, they gradually refined their conjectures. Thus, it was noticed that participants with more academic experience wrote more complete answers, while professional or software experience did not have the same positive impact. Therefore, when comparing the previous questionnaire and the post-workshop questionnaire, there was evidence of increasing knowledge about the basic concepts present in structural systems, so that the simulation software contributed to a better visualization of the effects of loading on the system.

Keywords: Bending moment. Ftool Simulation. Structure. Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quatro níveis de abstração em uma análise estrutural	22
Figura 2 - Interface do <i>software</i> Ftool.....	23
Figura 3 - Fachada da Atividade 1	40
Figura 4 - Diagrama de esforços inicial, Atividade 1	40
Figura 5 - Diagrama de forças e momentos máximos resultantes, Atividade 1	41
Figura 6 - Diagramas de esforços e momentos resultantes para a Atividade 3	41
Figura 7 - Diagramas de esforços e momentos resultantes para a Atividade 4	42
Figura 8 - Fachada atualizada para a Atividade 5	43
Figura 9 - Diagramas de esforços e momentos resultantes para a Atividade 5	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Categorização dos artigos analisados.....	25
Quadro 2 - Recorte de dissertações sobre o tema "Ftool"	31
Quadro 3 - Planejamento das atividades.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Curso e semestre dos participantes	37
Tabela 2 - Dados da Atividade 2, Turma 1	54
Tabela 3 - Dados da Atividade 2, Turma 2	55
Tabela 4 - Dados da Atividade 3, Turma 1	58
Tabela 5 - Dados da Atividade 3, Turma 2	58
Tabela 6 - Dados da Atividade 4, Turma 1	59
Tabela 7 - Dados da Atividade 4, Turma 2	60
Tabela 8 - Dados da Atividade 5, Turma 1	62
Tabela 9 - Dados da Atividade 5, Turma 2	62
Tabela 10 - Dados dos participantes da Turma 1	94
Tabela 11 - Dados dos participantes da Turma 2	95

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	11
2 APROXIMAÇÕES TEÓRICAS	16
2.1 A pesquisa e o pensamento crítico.....	16
2.2 Tecnologias digitais no ensino	18
2.3 Simulações em análise estrutural.....	22
2.4 Estado da arte	24
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	35
3.1 Caracterização da pesquisa	36
3.2 Campo e sujeitos da pesquisa	37
3.3 Detalhamento da ação pedagógica	38
3.4 Coleta e avaliação dos dados	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1 Questionário pré-oficina	46
4.2 Atividade 2: a importância dos negativos	53
4.3 Atividade 3: o terceiro pavimento	57
4.4 Atividade 4: o pilar central	59
4.5 Atividade 5: a sacada	61
4.6 Questionário pós-oficina.....	63
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS.....	74
APÊNDICES	82

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Exatas da Universidade do Vale do Taquari - Univates, desenvolve uma proposta pedagógica para o ensino de Mecânica Estrutural, através de uma oficina disponibilizada para os alunos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo dessa universidade, no que tange às propriedades dos Momentos Fletores¹ em diagramas de esforços bidimensionais. Para tal, a pesquisa contou com a utilização de recursos computacionais, o *software* Ftool, como ferramenta de apoio, de forma a propor uma melhor visualização dos efeitos das reações nos diagramas.

O principal ponto abordado neste estudo foi a utilização da tecnologia como um meio para se obter um fim, nesse caso, a antecipação de comportamentos estruturais. Usualmente, *softwares* de modelagem como o Ftool são empregados em disciplinas de estruturas, no entanto, eles são apresentados como o próprio fim da aplicação, de maneira que o professor apresenta o programa apenas como uma alternativa de realização dos cálculos. Assim, uma perspectiva de o que pode ser aprendido com o aplicativo ganha o lugar de simplesmente aprender o aplicativo.

Consequentemente, o tema de pesquisa foi definido como o uso de tecnologias digitais no ensino de Mecânica Estrutural para a visualização das forças atuantes, especialmente os momentos fletores, em modelos estruturais. Mais especificamente, de forma a responder o problema “*Como a utilização de softwares*

¹ Momento fletor pode ser definido como uma força de rotação aplicada em uma peça proveniente do produto de um carregamento perpendicular à barra em relação a algum ponto sobre a linha de ação da força, provocando tensões de tração e compressão na estrutura. Para mais referências, ver Süsskind (1981).

de interação gráfica pode ajudar os estudantes a prever o comportamento das forças atuantes em uma estrutura?”.

A partir do problema de pesquisa sobredito, o objetivo geral e os objetivos específicos foram pré-estabelecidos de maneira a desenvolver esta pesquisa. O objetivo geral desta dissertação é investigar como um *software* de interação gráfica pode auxiliar os estudantes a visualizar e antecipar o comportamento das forças atuantes em uma estrutura. Esse objetivo geral foi dividido em quatro objetivos específicos, a fim de guiar os passos do desenvolvimento deste estudo, de maneira que os dois primeiros tem o propósito de construção da pesquisa e os dois últimos com a finalidade de analisá-la. São eles:

I) Desenvolver atividades abordando conceitos pertinentes de Mecânica Estrutural, em parceria com tecnologias digitais.

II) Relacionar a utilização do *software* de interação gráfica Ftool com a realidade prática de um profissional da construção civil.

III) Comparar a experiência prévia de cada participante com o tema e elencar sua influência nas atividades.

IV) Analisar a ampliação de conhecimento dos alunos acerca das forças atuantes em uma estrutura.

No intuito de expor o panorama da motivação deste trabalho, julga-se relevante apresentar os passos do pesquisador até o ingresso no programa de mestrado. Apesar de ser graduado em Engenharia Civil, enquanto cursava o Ensino Médio a primeira escolha para o vestibular foi a licenciatura em Física. Os temas referentes a essa área da ciência sempre me cativaram desde a infância, durante a qual passava horas assistindo documentários na televisão a cabo, especialmente quando o assunto referido era astronomia. A devoção pelo pensamento científico sempre foi presente desde cedo.

A escolha por uma carreira de licenciatura parecia ainda mais óbvia quando pensava em retrospectiva às experiências escolares. Não eram raras as vezes em

que os colegas me abordavam para pedir por algum esclarecimento sobre certo exercício ou tópico tratado em aula. A principal alegação feita pelos camaradas era de que a minha explicação era mais simples e contextualizada à nossa realidade de aluno. Dessa forma, ao cogitar escolher essa carreira, esperava conseguir compartilhar esse fascínio pelas ciências às demais pessoas ao meu redor.

Porém, esse planejamento esbarrou em algumas circunstâncias que me fizeram repensar algumas escolhas. Primeiramente, o aspecto financeiro entrou em evidência quando meus pais me ofereceram uma vaga em seu escritório de engenharia e arquitetura caso escolhesse prestar algum desses cursos. Ademais, os quatro primeiros semestres de qualquer engenharia são repletos de disciplinas de física e cálculo, logo, não estaria muito afastado do plano original. Engenharia Civil parecia a escolha mais óbvia para mim naquele momento.

No decorrer da graduação, por diversas vezes a ideia de ser professor vinha à tona. Por estar trabalhando no escritório de meus pais no período diurno, percebia certas dissonâncias entre o vivenciado no trabalho e o que estava sendo estudado na universidade. Novamente, assim como na escola, debates com os colegas sobre os temas das disciplinas surgiam e alimentavam a frustração com a estrutura de ensino que até então era apresentada.

Nos últimos semestres da graduação, esse sentimento de insatisfação atingiu seu auge. Nessa etapa do curso, surgem as disciplinas relacionadas às estruturas, tema comumente temido entre os estudantes de Engenharia Civil. Os conceitos aludidos durante as aulas possuem um alto grau de abstração, tornando a assimilação com a realidade complicada. Por vezes, os professores apresentavam alguns *softwares* para auxiliar nas concepções, contudo, as explicações eram breves e acabava-se aprendendo apenas como se manipular o programa, deixando os conceitos em segundo plano.

Após a admissão no mestrado, foi perceptível que o avanço tecnológico chegou a um ponto que, seguramente pode-se dizer, é praticamente impossível marginalizar a utilização de tecnologias no ensino. No que diz respeito ao ensino superior, o uso dessas ferramentas é ainda mais acentuado. As universidades, em

sua maioria, utilizam de ambientes virtuais para divulgação dos conteúdos, portfólios *online* e até mesmo a entrega de muitos trabalhos ocorrem de forma puramente digital. Inserido nessa realidade, o curso de Engenharia Civil, comumente ligado aos centros de tecnologia das universidades, detêm uma gama de *softwares* utilizados durante as disciplinas, bem como posteriormente na formação profissional.

Entretanto, raramente as atividades desenvolvidas em sala de aula são planejadas em consonância com o uso das tecnologias. A preocupação com a inserção de novas metodologias, sobretudo as digitais, existe nos cursos superiores, mas, usualmente, os professores e os currículos preocupam-se com a inserção de novas tecnologias apenas como um adereço, em busca de uma participação maior e mais ativa por parte dos estudantes, sem levar em consideração o potencial fim desta aplicação. Ou seja, introduz-se um *software* capaz de realizar diversas funções e demonstra-se de que maneira essas funcionalidades são acessadas, como uma espécie de “manual do usuário” (ROCHA, 2008). Assim, esta pesquisa aborda um caráter de finalidade da utilização de um programa de modelagem, apresentando o *software* como o meio para se chegar ao fim desejado: a construção de conceitos sobre a atuação das forças em uma estrutura.

O trabalho enfatiza nos quesitos de montagem da estrutura, ou seja, em sua morfologia, destinando o cálculo das reações e das forças ao *software*. A utilização de um programa para o cálculo dos pórticos fornece agilidade à realização das tarefas, dispensando o cálculo manual para cada caso individual. Portanto, com a utilização de um *software* de modelagem, diversos conceitos de mecânica estrutural podem ser abordados, exemplificando as conjunturas dos modelos estruturais e permitindo o estudante a traçar suas observações sobre os resultados obtidos, concordando com Valente (1999), que argumenta sobre a implicação de entender os recursos computacionais como uma nova maneira de construir o conhecimento, remodelando os saberes em busca de novas ideias.

Para tanto, essa dissertação está estruturada em cinco capítulos. A primeira seção é composta pela introdução, que expõe o tema e traz o problema norteador da pesquisa, delimitado pelos objetivos geral e específicos. Por fim, traz o histórico

do pesquisador e apresenta suas justificativas, junto com demais informações relevantes.

O segundo capítulo resume as aproximações teóricas que sustentam a pesquisa e é dividido em quatro subcapítulos. O primeiro segmento, *A pesquisa e o pensamento crítico*, traz reflexões acerca do papel do pesquisador quando ator dentro da sala de aula. O segundo subcapítulo, *Tecnologias digitais no ensino*, introduz as tecnologias digitais no ensino, especialmente no aperfeiçoamento dos docentes em relação aos meios digitais. O terceiro subcapítulo, intitulado *Simulações em análise estrutural*, aprofunda a discussão sobre o uso de *softwares* no ensino quanto aos simuladores, evidenciando seu potencial pedagógico e apresenta o *software* trabalhado nessa dissertação, o Ftool. O capítulo 2 é finalizado pelo quarto subcapítulo *Estado da arte*, onde são apanhados artigos e dissertações na área de ensino de engenharia e quanto às potencialidades do Ftool.

O terceiro capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento da pesquisa. Essa seção traz particularidades sobre o campo e os sujeitos da pesquisa e sua caracterização. Sua ênfase é no detalhamento da proposta pedagógica, oferecida através de uma oficina, traçando os objetivos de cada atividade, e como aconteceu a coleta e avaliação dos dados gerados.

O quarto capítulo discorre sobre os resultados das atividades propostas, relacionando os dados dos participantes com suas respostas. Nessa etapa, as respostas de cada participante são analisadas e agrupadas de acordo se elas atingiram os objetivos da atividade, se elas não atingiram os objetivos, mas não possuíam erros conceituais, ou se elas não atingiram e apresentavam concepções errôneas. A seção encerra com a discussão do questionário final aplicado que retomou os conceitos trabalhados e analisa os indícios de ampliação de conhecimento.

O quinto e último capítulo versa sobre as considerações finais da dissertação, resgatando os objetivos apresentados no primeiro capítulo e traça um paralelo entre o problema de pesquisa com os resultados obtidos. As referências e apêndices utilizados durante a pesquisa são apresentados após esse capítulo.

2 APROXIMAÇÕES TEÓRICAS

Este capítulo discute alguns referenciais teóricos que foram importantes para o desenvolvimento desta pesquisa. Inicialmente, introduz-se a importância da pesquisa na sociedade, principalmente, no que diz respeito à vida acadêmica de um professor. Posteriormente, é abordado o papel das tecnologias nos processos de ensino e aprendizagem, evidenciando as mudanças e adaptações causadas pela difusão do mundo digital. Por fim, é apresentado o *software* que foi utilizado nas atividades desenvolvidas e uma síntese dos *softwares* utilizados em processos educacionais no último ano em cursos de Engenharia Civil pelo País.

2.1 A pesquisa e o pensamento crítico

Apesar de não ser o foco principal deste trabalho, a pesquisa como ferramenta pedagógica pode contribuir para a autonomia dos alunos, ensinando-os a aprender a aprender (DEMO, 1997b). O ato de investigar tem como essência o questionamento, a argumentação e a crítica dos argumentos construídos, tornando os estudantes autores da reconstrução do seu próprio conhecimento (GALIAZZI; MORAES, 2002). Assim, utiliza-se do ensino pela pesquisa como modelo didático do professor, de acordo com as ideias de Porlán (1998), para guiar a atuação do pesquisador durante a resolução das atividades exploradas neste trabalho, pois ao ter de escrever suas considerações, a lógica tradicional se inverte, do pensar, para escrever para o pensar: “No educar pela pesquisa, conduzindo ao aprender a aprender, faz-se do escrever maneira de pensar, isto é, pelo exercício da escrita

aprende-se a pensar por mão própria e nisto está um entendimento inovador” (GALIAZZI; MORAES, 2002, p. 240).

A pesquisa é um importante instrumento para o desenvolvimento da ciência e uma poderosa ação educativa. Em concordância com Demo (1996), o ato de pesquisar precisa ser compreendido como uma atividade cotidiana, não como uma prática realizada apenas por cientistas ou pessoas especiais. Entretanto, pesquisa não representa uma troca de ideias rasa, sem um embasamento adequado, mas sim através de um questionamento construtivo. Assim, o sujeito age ativamente e criticamente em seu contexto, contribuindo com conhecimentos inovadores ou renovados com base na consciência crítica.

Essa ideia alia-se com a de Freire (2003, p. 15), que expõe “Os próprios conteúdos a serem ensinados não podem ser totalmente estranhos àquela cotidianidade”. A conjuntura de cada estudante contribui com os conhecimentos prévios à sua área de vivência, possibilitando uma pesquisa muito mais rica nessa situação. Desse modo, incentiva-se a autonomia do pesquisador, para que possa atuar em sintonia com a sua realidade.

O educando e o educador são parceiros durante os processos de ensino e de aprendizagem, conquanto, o docente possui um papel significativo nesse método. A pesquisa é importante para a formação humana e educar a pesquisar faz parte do procedimento, como citado por Bagno:

Se quisermos que nossos alunos tenham algum sucesso na sua atividade futura – seja ela do tipo que for: científica, artística, comercial, industrial, técnica, religiosa, intelectual... – é fundamental e indispensável que aprendam a pesquisar. E só aprenderão a pesquisar se os professores souberem ensinar (BAGNO, 2007, p. 21).

Outrossim, a pesquisa é importante para o crescimento da ciência e, em virtude disso, o crescimento da sociedade como um todo. Assim sendo, é fundamental que a pesquisa seja incentivada, mesmo nos primeiros anos da educação básica. Para isso, os educadores devem ter a formação alicerçada em princípios científicos e abandonar prática tradicional de transmissão de conhecimento, favorecendo, portanto, a construção de conhecimento (CASTRO,

2016). Mattos e Castanha também destacam a importância da pesquisa para a construção de conhecimento:

[...] Pesquisa é um processo de construção do conhecimento que tem por objetivo gerar novos conhecimentos ou refutá-los, constituindo-se num processo de aprendizagem tanto do indivíduo que a realiza, quanto da sociedade, na qual esta se desenvolve (MATTOS; CASTANHA, 2008, p. 2).

Por conseguinte, é indispensável que um educador saiba seu papel como pesquisador e como professor. A pesquisa está associada com o ensino, logo, antes da realização de qualquer trabalho desse caráter, é mister que um pesquisador note sua relevância, como nos trechos supracitados. Revelando, então, o importante papel da pesquisa para a ciência, segue-se com as demais referências deste trabalho.

2.2 Tecnologias digitais no ensino

A capacidade computacional dos dispositivos eletrônicos aumentou exponencialmente nas últimas décadas. Assim, os preços dos aparelhos caíram vertiginosamente, facilitando o ingresso das pessoas ao mundo digital e traçando um novo curso ao desenvolvimento da sociedade, tanto economicamente quanto culturalmente (LÉVY, 1999). Por conseguinte, o acesso à informação ocorre de maneira cada vez mais rápida e autônoma.

Acompanhando esse movimento digital, as tecnologias de ensino também ampliaram suas fronteiras, conforme Dullius e Quartieri (2014, p. 5): “A inserção do computador nas escolas, como instrumento de ensino adicional às aulas convencionais, cresce progressivamente em todo mundo”. A educação a distância (EaD), os sistemas interativos de ensino e diversas outras formas de divulgação de conhecimento, ganharam espaço com a revolução digital. Ademais, como os alunos, em sua maioria, são o que Prensky (2001) nomeia de “nativos digitais”, os docentes precisam adaptar sua prática a essa expansão digital. Conforme Andrade (2003, p.

58) explica, a educação “requer novas estratégias, metodologias e atitudes que superem o trabalho educativo tradicional ou mecânico”.

Doravante, não seria prudente ignorar que a educação necessita alterar seu paradigma. Mudanças na estrutura da sociedade impactam em transformações do modelo de educação e, por consequência, na escola. O tipo de pessoa necessária para a sociedade hoje é diferente daquele aceito em décadas passadas, onde os estudantes eram receptores passivos de conhecimento (ALTOÉ, 2005).

A partir da popularização das tecnologias digitais, é cada vez mais comum que as pessoas tenham acesso à informação. Por consequência, a utilização dos computadores para processos de aprendizagem recebeu maior consideração. De acordo com Jonassen (2007), a história da contribuição dos computadores nos processos de aprendizagem pode ser dividida em três fases:

I) ensino assistido por computador, essa fase inclui exercícios de repetição e tutoriais inteligentes;

II) aprendizado acerca do computador, em um processo que o autor chama de “literacia informática”;

III) o uso das tecnologias educativas como parceiras do processo educativo, essa fase surgiu em oposição às ideias anteriores.

A última concepção sugere que os computadores devem ser ferramentas coadjuvantes que facilitariam o processo cognitivo, promovendo a qualidade do pensamento nos alunos, pois “[...] a tecnologia é capaz de auxiliar o professor, mas não o substitui” (LEITE, 2015, p. 32). Desse modo, as tecnologias digitais apenas complementam os processos de ensino e de aprendizagem, não podendo solucionar por elas mesmas os problemas da educação, como Moran coloca que se ensinar:

[...] dependesse só de tecnologias já teríamos achado as melhores soluções há muito tempo. Elas são importantes, mas não resolvem as questões de fundo. Ensinar e aprender são os desafios maiores que enfrentamos em todas as épocas e particularmente agora em que estamos pressionados pela transição do modelo de gestão industrial para o da informação e do conhecimento (MORAN, 2007, p. 12).

Assim sendo, o que a escola necessita retificar é que “não é no ensino do uso do computador que ela deve centrar-se, mas sim nos resultados pedagógicos que podem acontecer a partir desse uso” (ALBACH, 2014, p. 151). Dessa maneira, a informática pode contribuir para um melhor relacionamento entre as escolas e a comunidade, além da aprendizagem dos alunos (SILVA, 2008).

A *internet*, por sua vez, pode ser considerada a mais completa, abrangente e complexa ferramenta de aprendizado. Através dela, podemos localizar fontes de informação de diversas áreas do conhecimento, devido a sua fluidez de uso (MARQUES; CAETANO, 2002). Contudo, o ensino não presencial, ou educação mediada por computador, é um dilema enfrentado pelos educadores. O conhecimento e domínio das implicações didático/pedagógicas decorrentes dessa nova modalidade, muitas vezes são desdenhados, pois representa uma profunda transformação no modo de ensinar, rompendo com o tradicional ensino presencial (NOVAK, 2005).

No entanto, as tecnologias não pretendem substituir os métodos convencionais, visto que esses ainda continuam sendo utilizados. Porquanto, a intenção é justamente desenvolver um sistema em que haja uma complementação entre os tipos de tecnologias, novas e tradicionais, de forma a tornar mais eficazes os processos de ensino e de aprendizagem (TEDESCO, 2004). Como citado por Azevedo, as tecnologias digitais:

Além de tornar a aprendizagem institucional mais realística e aumentar a motivação dos estudantes, permite que o aluno, através da comunicação interativa com o sistema, torne-se um participante mais ativo no processo de aprendizagem, ao contrário dos ambientes tradicionais de sala de aula [...] (AZEVEDO, 1999, p. 3).

A integração dessas metodologias pode ajudar a aumentar a interação entre professor e aluno, posto que o diálogo entre essas partes em uma sala de aula tradicional nem sempre ocorre. Fey (2011) reitera que os alunos nativos digitais possuem mais facilidade em interagir em ambientes digitais, onde o fluxo de informação ocorre de maneira mais rápida. Nesses ambientes, eles não precisam, por exemplo, de permissão para iniciar ou terminar um diálogo e podem buscar pelo tema que mais significado lhes traga (FEY, 2011).

Outrossim, em cursos de formação profissional o problema deve ser, sempre que possível, contextualizado com a atividade prática, cumprindo com as expectativas dos futuros profissionais (SILVEIRA, 2003; VALENTE, 1999). Nesse aspecto, o uso de simulações digitais pode contribuir para a construção do conhecimento pelos estudantes, pois eles podem alterar valores e variáveis e observar as alterações nos resultados. Apesar de que as simulações não devem substituir integralmente a realidade que elas representam, é pertinente que elas permitam abordar experiências difíceis ou impossíveis de realizar na prática, ora por serem muito perigosas ou muito rápidas (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

Concordando com Moran (2007), não é recomendado que as simulações digitais sejam entendidas como substitutas de planejamento pedagógico, e sim como complementares a ele. A organização da atividade deve possuir uma finalidade bem definida, pois “[...] na ausência de objetivos mais claros, o que pode acabar acontecendo é um trabalho com o *software* pelo *software*, ou com computador pelo computador” (BARANAUSKAS *et al*, 1999, p. 84). Pertinentes são, portanto, as palavras de Vicinguera:

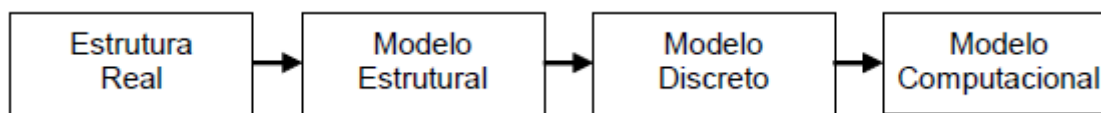
[...] a inserção de computadores nas escolas não trará os benefícios que esperamos, se os professores e a comunidade não forem devidamente conscientizados e preparados para utilizar o computador de maneira correta na realização de suas atividades (VICINGUERA, 2002, p. 83).

Hodiernamente, praticamente todos os recém-formados em cursos de engenharia utilizam de ferramentas informatizadas em seus postos de trabalho. Desse ponto de vista, Azevedo (2000) levanta questionamentos sobre o ensino de *softwares* simuladores nas grades curriculares de engenharia. Se mantido o ensino teórico e generalista, transferem-se para o empregador os encargos referentes à formação do uso das tecnologias durante sua rotina, tornando-o menos produtivo em curto prazo e dificultando seu ingresso no mercado de trabalho. Se substituídas totalmente as matérias tradicionais por uso de simuladores, o aluno ficaria limitado apenas às hipóteses referentes à aplicação das ferramentas que aprendeu a utilizar durante seu estudo, sem talvez compreender muito bem os fenômenos em que se baseiam. Nessa conjectura, Azevedo (2000) afirma que deve ser buscado um razoável equilíbrio entre essas duas situações extremas, com uma leve inclinação para o ensino de fundamentos teóricos.

2.3 Simulações em análise estrutural

As simulações são ferramentas amplamente utilizadas em análise estrutural e podem possuir uma importante função pedagógica. A análise estrutural contemporaneamente trabalha com quatro níveis de abstração, apresentados na Figura 1. A estrutura real é transcrita em um modelo estrutural, ou seja, um modelo analítico que representa matematicamente a estrutura sendo analisada. Esse modelo estrutural é processado de acordo com um modelo discreto, que define quais métodos de cálculo serão utilizados, como por exemplo, o Método da Rigidez Direta ou o Método dos Elementos Finitos. Por fim, os modelos estruturais e discretos podem ser simulados em um modelo computacional, o que garante uma análise mais ágil e abrangente do modelo estrutural através de diversos modelos discretos diferentes (MARTHA, 2000).

Figura 1 - Quatro níveis de abstração em uma análise estrutural

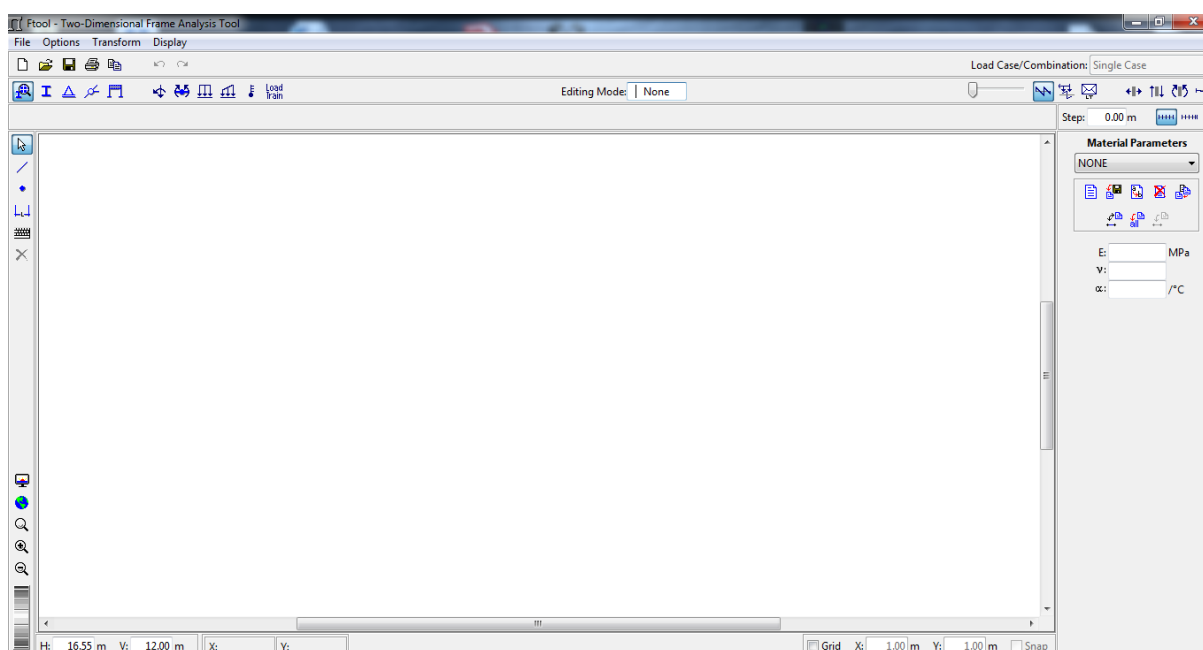


Fonte: Martha (2000, p. 3)

Dos *softwares* educacionais de simulação estrutural disponíveis, o Ftool é um dos programas de computador mais utilizados. Ele é destinado à simulação e à análise de pórticos planos, com objetivo principal a simples prototipação de estruturas. O programa foi inicialmente desenvolvido para o uso em sala de aula, mas evoluiu para uma ferramenta frequentemente usada também em projetos profissionais. Une, em uma única interface (FIGURA 2), recursos de fácil manipulação com uma eficaz visualização de resultados. Seu desenvolvedor foi o engenheiro civil Luiz Fernando Martha, professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO), do departamento de Engenharia Civil. Esse programa contempla os principais pontos de uma análise estrutural: forças normais, cortantes e fletosres (ALIS, 2005).

O operador gerencia múltiplos aspectos do modelo estrutural a ser analisado, como carregamentos, seção e material. A manipulação desse modelo é feita a partir da entrada de dados via *mouse* ou teclado, abrangendo as etapas de pré-processamento (criação e manipulação do modelo estrutural) e pós-processamento (cálculo dos resultados pelo método da rigidez direta). A integração natural dessas fases de processamento permite ao estudante experimentar com agilidade as diferentes solicitações da estrutura analisada, sendo esse o aspecto fundamental no processo de aprendizagem. Ao manipular os parâmetros, um aluno pode visualizar as diferentes concepções estruturais envolvidas, e assim, possivelmente entender melhor o seu comportamento (KAFFER; MARTHA; BITTENCOURT, 2000). O Apêndice A apresenta um guia de funcionamento simplificado do Ftool, a fim de apresentar suas principais ferramentas.

Figura 2 - Interface do *software* Ftool



Fonte: do Autor, adaptado de Marlin (2018)

2.4 Estado da arte

A presente pesquisa investigou os artigos presentes na edição do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), de 2017, na área de Métodos e Meios de Ensino/Aprendizagem de Engenharia, especificamente da Engenharia Civil. Optou-se pesquisar nesse congresso porque o COBENGE é o mais importante fórum de discussão sobre formação e exercício de Engenharia no Brasil. Decidiu-se pela edição de 2017 pois ela apresenta o que há de mais recente no âmbito da pesquisa.

Da edição de 2017 do COBENGE, foram buscados os resultados para a área Métodos e Meios de Ensino/Aprendizagem de Engenharia e de Tecnologia, que possui no total trezentos e sessenta e oito (368) artigos. Desses, foram filtrados os artigos que possuíam a palavra “civil”, referente à Engenharia Civil, em seu título, resumo e/ou palavras-chave, diminuindo o escopo para cinquenta (50) artigos. Uma leitura dinâmica foi realizada e foram selecionados dez (10) desses artigos, que possuíam mais aproximação do tema de interesse da pesquisa, qual seja, o uso de tecnologias.

Os dez artigos selecionados foram agrupados em dois conjuntos, conforme o Quadro 1: Aplicação de tecnologias existentes e Desenvolvimento de novas tecnologias. O trabalho se desenvolveu de forma exploratória, pois primeiramente os dados foram coletados, e posteriormente foi feita a análise das variáveis e suas relações. As categorias inferidas posteriormente aos artigos foram identificadas de forma a responder quais *softwares* estão sendo utilizados atualmente em sala de aula.

Quadro 1 - Categorização dos artigos analisados

Título	Autores	Categoria
A plataforma <i>open-source</i> Arduíno e suas aplicações na engenharia civil para monitoramento de temperatura e umidade	Gláucia Maria Dalfré, Amanda Duarte Escobal, André de Souza Tarallo, Thiago Guarniari Corrêa da Silva, Rafael Oliveira Ribeiro	Aplicação de tecnologias existentes
Análise para inserção dos preceitos BIM nas grades curriculares de cursos de engenharia civil	Mayara Calvi Florido, Malena Monteiro Debona Polonini, Joice Paiva Tosta	Aplicação de tecnologias existentes
Análise sobre o ensino utilizando ferramentas de simulação no curso de engenharia civil da universidade federal de alagoas	Ariany França Cavalcante, Jáder Vinícius Almeida Pereira, Eduardo Rodrigues Neto, Gabriel de Carvalho Freitas, Sanmara Alcantara Emiliano	Aplicação de tecnologias existentes
Aplicativo de monitoria online - <i>say it</i>	Andrea De Freitas Avelar, Jéssica Nayara Martins, Marcus Vitor De Lima Araújo, Lorena Cassia Gontijo Dos Reis, Nathália Tawany Oliveira Do Nascimento, Paula Alves Braga	Desenvolvimento de novas tecnologias
Automação dos processos de verificação de perfis de aço laminado solicitados à flexão normal simples e axialmente conforme critérios da ABNT NBR 8800:2008	Lucas Tarlau Balieiro, Marcelo Rodrigo de Matos Pedreiro, Roberto Racanicchi	Desenvolvimento de novas tecnologias
Elaboração de um tutorial do sap2000 v.18 para análise estrutural de um pórtico 3D de concreto	Marcelo Rogerio Cardoso, Rogério Adolfo Figueiredo da Cunha, Salete Souza de Oliveira	Aplicação de tecnologias existentes
Impactos da utilização dos softwares no processo de ensino-aprendizagem na disciplina de teoria de estruturas na PUC minas barreiro	Fernando Júnior Resende Mascarenhas, Viviane Cristina Dias, Everaldo Bonaldo	Aplicação de tecnologias existentes
Metodologia motivacional nos meios de ensino/aprendizagem de projeto de infraestrutura viária no curso de engenharia civil	Alexandre Freire de Sá Lopes, Silvia Camargo Fernandes Miranda, Denise Maria da Silva Ribeiro	Aplicação de tecnologias existentes
Reflexões acerca da interface de um site educativo de apoio ao processo de ensino-aprendizagem na engenharia	Leandro Bordin, Walter Antonio Bazzo	Desenvolvimento de novas tecnologias
Uma estratégia pedagógica integradora no ensino da disciplina de desenho para engenharia da Universidade Federal do Ceará	Alexandre Feitosa Silva, Cely Martins Santos de Alencar, Antonio Paulo de H. Cavancante	Aplicação de tecnologias existentes

Fonte: do Autor (2018).

Contudo, além dos *softwares* desenvolvidos em sala de aula, mesmo as aplicações de tecnologias existentes nos artigos pesquisados possuem variação. Não houve dois artigos que abordaram o uso do mesmo programa, sendo que cada um dos dez artigos abordou um aspecto ou uma tecnologia diferente. À vista disso, evidencia-se um uso diversificado de tecnologias no curso de Engenharia Civil.

No que tange à categoria aplicação de tecnologias existentes, sete (70,0%) dos artigos analisados receberam essa classificação. Essa categoria tem como objetivo analisar quais das tecnologias existentes no mercado estão sendo empregadas atualmente no país. Estão nela, também, todas as análises de *softwares* existentes no ramo da educação que aparecem no escopo da presente pesquisa. Apesar de ser a categoria majoritária dos artigos analisados, a presente pesquisa não aprofunda esta categoria em virtude de nenhum trabalho utilizar o Ftool como ferramenta digital de ensino.

O trabalho de Dalfré et al. (2017) intitulado “A plataforma *open-source* Arduíno e suas aplicações na engenharia civil para monitoramento de temperatura e umidade”, por exemplo, analisa a degradação de adesivos estruturais em sistemas de reforço em estruturas de concreto armado. Para tal, utilizaram da plataforma Arduino e da linguagem de programação C++ para aferir medidas de temperatura e umidade de corpos de prova através de sensores automáticos. Os instrumentos foram calibrados e preparados para transmitir os dados para um cartão de memória para posterior análise. Assim, verificou-se a potencialidade da utilização do sistema Arduino para monitoramento de estruturas ou de agressividade dos ambientes relacionados à Engenharia Civil.

A inovação aliada às tecnologias é referida igualmente no artigo “Análise para inserção dos preceitos BIM nas grades curriculares de cursos de Engenharia Civil” dos autores Calvi, Polonini e Tosta (2017), que investigam a potencialidade da inserção de instruções BIM (*Building Information Model*), identificando as interfaces entre currículos e concepções de modelagem. Os autores argumentam que assim como ocorreu o avanço do desenho técnico manual para digital, os *softwares* BIM representam o novo progresso no desenho de edificações, criando um único modelo que englobe todas as características da construção. O método utilizado foi adaptado

da metodologia proposta pela autora Checcucci (2014). A análise consiste na verificação da relação de cada disciplina com as quatro categorias relacionadas com o BIM, criando uma nova representação das matrizes curriculares. Finalizam expondo que a demanda de profissionais com esse conhecimento é crescente e que projetos BIM se apresentam como um novo paradigma para os projetos de construção.

A modelagem estrutural também foi abordada no artigo de Cavalcante et al. (2017), em seu trabalho “Análise sobre o ensino utilizando ferramentas de simulação no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas”. Seu objetivo principal era apresentar a simulação como uma ferramenta em potencial no ensino-aprendizagem de estudantes do curso de Engenharia Civil, discutindo a aplicabilidade das metodologias ativas, de um ponto de vista construtivista, em simulações em sala de aula. Por meio da análise de literatura, verificaram a necessidade da inserção de novas metodologias e sua respectiva importância nos processos de ensino e aprendizagem, selecionando diversos *softwares* de simulação na área da Engenharia Civil. Os autores constataram que as matérias de Física e Química possuem laboratórios para simulações, contudo, para as disciplinas de construção, essas práticas muitas vezes são inviáveis. Assim, apresentam diversas simulações computacionais como uma alternativa pedagógica, entretanto, de maneira fundamentalmente teórica, sem nenhum resultado de aplicação prática desses programas.

Contudo, artigos essencialmente práticos podem possuir uma visão limitada da aplicabilidade dos simuladores. Esse é o caso do artigo “Elaboração de um tutorial do SAP 2000 v.18 para análise estrutural de um pórtico 3D de concreto”, dos autores Cardoso, Cunha e Oliveira (2017). Como seu título sugere, esse trabalho se resume a criação de um tutorial de utilização desse *software* de análise estrutural, apoiando-se na alegação que muitos estudantes não são familiarizados com o programa. Com base nisso, citam algumas referências sobre os métodos de cálculo do programa e posteriormente abordam as funções de cada ferramenta e de suas propriedades. O trabalho mostra que a partir do *software* é possível simular e resolver cálculos práticos para projetos estruturais, evidenciando sua utilização em várias disciplinas do curso de Engenharia Civil. Apesar disso, o enfoque do artigo é

puramente prático, sem abordar potencialidades pedagógicas que podem ser atingidas a partir da utilização desse programa.

Complementarmente, a repercussão dos *softwares* em sala de aula é referida por Mascarenhas, Dias e Bonaldo (2017), em seu artigo “Impactos da utilização dos *softwares* no processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Teoria de Estruturas na PUC Minas Barreiro”. Os autores avaliaram a influência de programas computacionais nessa disciplina, argumentando que o uso dessas ferramentas facilita a solução de problemas práticos e que isso permite que os professores aprofundem mais os conteúdos, fazendo com que o estudante tenha mais interesse e fique mais motivado. Esse trabalho se desenvolveu de forma exploratória, através de um questionário *online* aplicado a 14 estudantes de Teoria das Estruturas. A partir dos questionários, notou-se que muitos estudantes estão habituados na utilização de recursos informáticos no seu cotidiano, até mesmo em algumas disciplinas da engenharia, mas poucos sequer conhecem *softwares* estruturais. Na prática, mostra que muitos alunos gostariam de aprender *softwares* de cálculo estrutural nas aulas, alegando que não irão calcular manualmente estruturas no decorrer de sua profissão.

Dessa forma, o emprego de *softwares* em sala de aula pode representar um fator motivacional significativo, como apontam os autores Lopes, Miranda e Ribeiro (2017), em seu trabalho “Metodologia motivacional nos meios de ensino/aprendizagem de projeto de infraestrutura viária no curso de Engenharia Civil”. Esse artigo analisa o uso de *softwares* como ferramenta auxiliar nos processos de aprendizagem e motivacional em uma disciplina que trata de tópicos de projeto de infraestrutura viária. Através da problematização da escolha de projeto de infraestrutura viária mais viável socioeconomicamente e ambientalmente, auxiliado pela utilização do AutoCAD Civil 3D, os pesquisadores desenvolveram uma atividade prática para a disciplina de Projeto de Estradas, dialogando com os alunos sobre segurança viária e mobilidade sustentável. Ao fim, a maioria dos estudantes achou que a pertinência dos conteúdos apresentados era “ótima”, devido às questões práticas abordadas através de *software* que já possui uso profissional.

Esse caráter profissional, ou aplicabilidade dos conteúdos, é muito requisitado por alunos das engenharias, por vezes causando desistência nos primeiros anos do curso quando é ausente. Em virtude disso, novas propostas e metodologias são apresentadas pelos autores Silva, Alencar e Cavalcante (2017) em sua pesquisa “Uma estratégia pedagógica integradora no ensino da disciplina de Desenho para Engenharia da Universidade Federal do Ceará”. Nesse artigo, os autores analisam os resultados da implantação de novas metodologias ativas de ensino na disciplina de Desenho para Engenharia, abordando uma aula colaborativa entre cálculo e desenho técnico intermediada pelo *software* GeoGebra. Para tanto, utilizaram de uma pesquisa exploratória e descritiva através de questionários, realizando primeiramente as atividades manualmente, e posteriormente no *software*. Constataram que a maioria dos alunos não conhecia o GeoGebra e que se interessavam em continuar a utilizar essa ferramenta inovadora. Em termos práticos, as atividades colocam os alunos em contato com as novas tecnologias disponíveis, principalmente de desenho, amplamente utilizadas na prática das engenharias.

A categoria desenvolvimento de novas tecnologias, por sua vez, expõe um lado menos explorado, principalmente na Engenharia Civil, que é o desenvolvimento de *softwares*. Três (30%) dos artigos analisados apresentam algum tipo de inovação direta em sala de aula, desenvolvida pelos próprios alunos com o auxílio do professor. Dessa forma, uma nova face do uso das tecnologias pode ganhar campo. Como supracitado na revisão bibliográfica, é cada vez mais comum que a tecnologia esteja presente na sala de aula, porém, usualmente ela vem de fontes exteriores a ela.

Esse é o caso do “Aplicativo de monitoria online - Say It”, aplicativo e artigo elaborado por Avelar et al. (2017). O trabalho mostra como foram realizados os processos que levaram a criação desse aplicativo e também a forma como ele foi validado pelos alunos, através da elaboração de um protótipo. O protótipo do aplicativo foi considerado um sucesso na Mostra Universitária de Inovação Tecnológica da Construção Civil (MUI TEC), ficando nos primeiros lugares do evento. A aplicação prática do *software* é direta e, de acordo com os alunos, pode ser muito proveitosa.

Se aliado ao conhecimento técnico para resultados práticos, a aplicabilidade direta em processos computacionais automáticos pode produzir resultados mais rápidos e confiáveis. Isso é o que reforçam os autores Balieiro, Pedreiro e Racanicchi (2017) em seu trabalho “Automação dos processos de verificação de perfis de aço laminado solicitados à flexão normal simples e axialmente conforme critérios da ABNT NBR 8800:2008”. A partir dessa percepção, foi desenvolvido o PALM Calc, um aplicativo para verificação dos principais tipos de perfis de aço laminado quanto a solicitações de esforços axiais (tração e compressão) e de flexão normal simples. O aplicativo criado é considerado pelos autores mais uma ferramenta que pode ser utilizada no ensino, ampliando as possibilidades de estudo em sala de aula.

A fim de analisar esse potencial educativo de um *software*, é preciso verificar se sua operação é intuitiva para o usuário. A partir dessa perspectiva, os autores Bordin e Bazzo (2017), em sua pesquisa “Reflexões acerca da interface de um site educativo de apoio ao processo de ensino-aprendizagem na engenharia”, apresentam aspectos de avaliação para essa verificação. No contexto educacional onde as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) conferem mais autonomia nos processos formativos, o texto busca apresentar aspectos de avaliação de um *site* educativo desenvolvido para auxiliar os estudantes. Assim, foram criados 9 indicadores de qualidade e feita uma avaliação reflexiva desse *site*, posteriormente propondo melhorias ao seu primeiro módulo. O artigo preza pela questão humana acima da questão da tecnologia, ou seja, como a partir da tecnologia podem ser feitas reflexões sobre a tecnologia.

Uma vez que nenhum dos artigos previamente referidos apresenta o Ftool, programa utilizado nesta pesquisa, foi realizada outra investigação no banco de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Esse levantamento buscou pela palavra-chave “Ftool” e apresentou, ao todo, dezenove (19) trabalhos compreendidos entre os anos de 1999 e 2018, todos na esfera de mestrado. Desses, foram separadas 4 produções que mais se aproximam com o tema de modelagem de estruturas, apresentadas no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 - Recorte de dissertações sobre o tema "Ftool"

Título da Dissertação	Autor	Ano da Publicação	Programa
Análise de fissuras em vigas de concreto armado em considerações da NBR 6118 / 2014	Rodrigue Totolo Lungisansilu	2018	Mestrado em Engenharia Civil (Universidade Federal Fluminense)
Análise e dimensionamento de lajes lisas protendidas sem aderência	Anselmo Leal Carneiro	2015	Mestrado em Engenharia Civil (Universidade Federal do Espírito Santo)
Modelagem de estrutura metálica para equipamento de perfuração e sondagem	Rafael Segatto Ghidetti	2018	Mestrado Profissional em Construção Metálica. (Universidade Federal de Ouro Preto)
Previsão do comportamento de escavação atirantada a partir de um modelo numérico de elemento de barra	Gisele Machado Mota	2017	Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho)

Fonte: do Autor (2019).

Diferentemente dos trabalhos da COBENGE, as dissertações disponíveis ao acesso no banco da CAPES não estão ligadas a métodos de ensino, e sim a exploração das potencialidades do *software* Ftool. Como é o caso da investigação de Lungisansilu (2018), que apresenta um estudo analítico de fissuras de vigas de concreto armado, a partir das prescrições normativas. Foi através do Ftool que foi realizada a análise estrutural dessas vigas, possibilitando gerar diferentes diagramas de solicitações em função dos carregamentos. A partir dessas solicitações o autor utiliza de um outro programa, o Mathcad, para examinar as fissuras em relação à variação dos diâmetros das armaduras e do tipo de aço. Essas informações são exibidas em um gráfico que cruza os limites de fissuração com o cobrimento e a classe ambiental utilizada.

Assim como anteriormente, a dissertação de Carneiro (2015) também utiliza o Ftool em combinação com outro programa estrutural mais robusto, nesse caso, o *software* profissional CAD/TQS. A proposta desse trabalho é apresentar a resolução de uma laje lisa protendida à flexão com cordoalhas não aderentes, utilizando o Ftool como método dos pórticos múltiplos, e o CAD/TQS para a analogia de grelha. A distribuição das cordoalhas, através da verificação dos cálculos, apresentou diversas vantagens, como a redução do consumo de armaduras, mantendo-se dentro dos limites de fissuração estabelecidos por norma.

O Ftool também foi utilizado em conjunto com o *software* ANSYS, para verificar, além das reações, cortantes e momentos fletores, os fatores de segurança de uma estrutura metálica da torre de uma perfuratriz. Esse protótipo foi desenvolvido na pesquisa “Modelagem de estrutura metálica para equipamento de perfuração e sondagem” de Ghidetti (2018). O pesquisador utilizou de duas etapas para modelar sua estrutura, a primeira sendo através de elementos finitos, com o Ftool, e a segunda em 3D com o ANSYS. A partir da análise desses modelos, o protótipo foi construído e submetido a testes internos e de campo, ao fim, sendo possível verificar um alívio de peso nas estruturas e consequentemente uma redução do peso total do equipamento.

A dissertação de Mota (2017) foi a única das selecionadas a trabalhar exclusivamente com o Ftool. Em sua pesquisa intitulada “Previsão do comportamento de escavação atirantada a partir de um modelo numérico de elemento de barra”, a autora avalia o potencial do Ftool para dimensionamento de estruturas de contenção em substituição a outros programas comerciais ou de interface mais complexa nessa área. Para essa análise, foi comparada uma simulação realizada nesse *software* em relação a medidas de deslocamentos horizontais obtida através de instrumentação em um estudo de um caso em Curitiba. Ao fim, os deslocamentos previstos pelo modelo ficaram dentro da faixa de deslocamentos medidos, ampliando a discussão sobre a aplicabilidade do Ftool no que tange ao seu uso para modelagem de cortinas de contenção.

Os trabalhos analisados, especialmente os da COBENGE, apontam como uma das principais preocupações do uso de tecnologias no ensino, como referem Bordin e Bazzo (2017, p. 10), o uso das metodologias ativas, onde “é possível sugerir, inclusive, que, com vistas a uma educação menos linear, estática e compartimentada, o site em questão seja utilizado para uma experiência de sala de aula invertida”. O trabalho de Silva, Alencar e Cavancante (2017, p. 8) também reitera o uso de metodologias ativas, que “torna-se indispensável a utilização de métodos de ensino inovadores que motivem os alunos”.

As tecnologias são apontadas na maioria dos artigos pesquisados como um importante meio de ensino. Contudo, apesar do texto de Mascarenhas, Dias e

Bonaldo (2017) destacar a atenção para a importância dos fins, os métodos e meios continuam como o principal objeto de estudo. Para tanto, esses autores referenciam Rocha em seu texto, veja-se:

A Informática Educativa privilegia a utilização do computador como a ferramenta pedagógica que auxilia no processo de construção do conhecimento. Neste momento, o computador é um meio e não um fim, devendo ser usado considerando o desenvolvimento dos componentes curriculares. Nesse sentido, o computador transforma-se em um poderoso recurso de suporte à aprendizagem, com inúmeras possibilidades pedagógicas, desde que haja uma reformulação no currículo, que se crie novos modelos metodológicos e didáticos, e principalmente que se repense qual o verdadeiro significado da aprendizagem, para que o computador não se torne mais um adereço travestido de modernidade (ROCHA, 2008, p. 2-3).

Não obstante, a legislação brasileira, em partes, favorece essa visão técnica do ensino de Engenharia. De acordo com o artigo número 5 da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação (BRASIL, 2002), “cada curso de Engenharia deve possuir um projeto pedagógico que demonstre claramente como o conjunto das atividades previstas garantirá o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas”, logo, as universidades adequam suas ementas dos cursos de graduação em Engenharia Civil exclusivamente às demandas do mercado de trabalho. Portanto, apesar da liberdade legislativa para construção de ementas dos cursos de engenharia, os processos de ensino acabam tendendo para uma visão capitalizada. Desse modo, as lições utilizando *softwares* limitam-se em aprender “o” programa, como ele funciona e como utilizá-lo profissionalmente, e não “com” o programa, constituindo um erro pelo ponto de vista da bibliografia previamente apresentada neste capítulo.

Evidencia-se ainda nos artigos pesquisados, o interesse dos discentes no que se refere ao domínio de certas ferramentas. Nos processos metodológicos examinados, o professor revisa a ferramenta tecnológica, como uma espécie de manual de uso, onde os estudantes repetem e aplicam os comandos no *software*, indo diretamente contra Prensky (2001b), uma vez que este sugere que os professores utilizem estratégias menos “passo a passo”. Nas análises de resultados desses artigos, as respostas obtidas por meio de questionários respondidos pelos alunos demonstram que eles aprovaram o uso da ferramenta, julgando-se aptos para seu emprego profissional. Assim, a própria visão dos educandos é restrita

apenas à aplicação de técnicas, sendo isso o suficiente para sua validação como aptos para ingresso no mercado de trabalho. Logo, se o docente não aprofundar o significado da técnica, apresentando o objetivo a ser trabalhado com determinado programa, os alunos se darão por satisfeitos pela mera repetição de comandos.

A partir dos artigos analisados, notou-se uma preocupação com os meios e métodos de ensino. Os professores e os currículos preocupam-se com a inserção de tecnologias na sala de aula, em busca da participação ativa por parte dos estudantes. Por conseguinte, os alunos podem tornar-se cada vez mais autônomos durante seus processos de aprendizagem.

Conquanto, percebe-se também a existência de estruturas de ensino onde os meios, ou seja, as técnicas de ensino, tornam-se os fins. O incentivo de discutir os meios sem questionar os fins acontece na transformação de problemas políticos em problemas técnicos, em nome do atendimento à comunidade, ensinando aquilo que os alunos são capazes de pagar por seus cursos. Com isso, o ensino se resume a uma mera transmissão de técnicas, limitando o pensamento crítico por parte dos estudantes. Esse ponto de vista caracteriza o que Tragtenberg (1990) denomina “delinquência acadêmica”, apontando o ensino superior no sentido de serviço dos interesses econômicos hegemônicos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa discutida neste trabalho consiste em uma atividade prática aplicada em uma oficina, ofertada para alunos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo, da Universidade do Vale do Taquari - Univates. A investigação se passou no decorrer do primeiro semestre letivo de 2019, através do desenvolvimento de uma prática pedagógica envolvendo temas de mecânica estrutural. Essa atividade teve como ferramenta de apoio o *software* de simulação Ftool, descrito no subcapítulo 2.3. Os métodos descritos neste capítulo buscaram propiciar uma construção de conhecimento mais ampla acerca do conteúdo trabalhado, abrangendo os resultados obtidos através da utilização de softwares como parceiros nos processos de ensino e de aprendizagem.

A atividade é composta por resoluções de um modelo estrutural que sofre modificações ao decorrer das atividades. Após o cálculo e análise dos esforços solicitantes, os estudantes responderam uma série de questões quanto aos fenômenos observados, associando os resultados obtidos com a sua experiência prévia, de maneira que pudessem compor suas próprias conjecturas. Contudo, antes do cumprimento da prática, foi resolvido um exercício em conjunto com a turma para apresentar as funções do programa, necessárias para o desenvolvimento das construções espaciais. A lista completa desses exercícios pode ser visualizada no Apêndice B. As demais particularidades desta pesquisa estão descritas mais especificamente a seguir.

3.1 Caracterização da pesquisa

O presente trabalho aborda uma pesquisa qualitativa, desenvolvida a partir de uma análise experimental. Uma pesquisa qualitativa, segundo Tartuce (2006), busca a assimilação de fenômenos complexos, através de comparações, descrições e explicações, explicando a relação entre causa e efeito enquanto avalia profundamente as informações colhidas em uma determinada pesquisa experimental. O significado de pesquisa qualitativa também é reforçado por Lüdke e André (2017, p. 20), afirmando que o estudo qualitativo “[...], é o que se desenvolve numa situação natural, é rico em dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada”.

A prática pedagógica, descrita posteriormente, analisa diretamente os estudantes por meio de sua participação na oficina, sendo ela comportamental ou escrita, entrando no escopo do que Borba e Araújo (2013, p. 21) estabelecem em uma abordagem qualitativa, sustentando que ela “Lida e dá atenção às pessoas e as suas ideias, procurando fazer sentido de discursos e narrativas que estariam silenciosas [...]”. Nesse ponto de vista, o objetivo do estudo qualitativo é compreender de forma mais profunda as atitudes, percepções e motivações do público pesquisado (GONÇALVES; MEIRELLES, 2004)

Na análise experimental, por sua vez, o pesquisador é um ser ativo, envolvendo-se na condução dos processos avaliados e, assim, observando de perto os efeitos sobre o objeto de pesquisa (SILVA; CLARO, 2007). Através da aplicação de dois questionários, um prévio às atividades e um posterior a elas (APÊNDICE B), introduziu-se uma das duas modalidades mais comuns de pesquisa experimental, o tipo antes-depois, em um único grupo de características semelhantes (FONSECA 2002), nesse caso, estudantes de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. Dessa forma, como orienta Gil (2007), esses dois questionários determinaram quais as variáveis que influenciaram o objeto de estudo e observa-se seus efeitos na redação de suas respostas.

3.2 Campo e sujeitos da pesquisa

Nesta pesquisa, o campo de investigação escolhido foi a Universidade do Vale do Taquari - Univates. A instituição recebeu o termo de Anuência (APÊNDICE C) antes da execução do projeto, a fim de acordar com os termos e objetivos da pesquisa. Os sujeitos da pesquisa foram os estudantes do semestre 2019A, dos cursos de Engenharia Civil e de Arquitetura e Urbanismo, que estavam dispostos a participar da oficina. Todos os acadêmicos receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme Apêndice D, declarando ciência de sua participação na pesquisa e alegando que não terão nenhum tipo de prejuízo com o desenvolvimento desta investigação.

Ao todo, participaram da pesquisa 45 alunos divididos em duas turmas. A primeira turma possuía 25 alunos, sendo eles 24 estudantes de Engenharia Civil e 1 de Arquitetura e Urbanismo, em média do quinto para o sexto semestre. A segunda turma, por sua vez, possuía 20 participantes, sendo eles 14 estudantes de Arquitetura e 6 de Engenharia Civil, com 4 desses alunos ainda cursando o primeiro semestre. Esses dados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Curso e semestre dos participantes

	Alunos	Engenharia Civil	Arquitetura	Média do semestre
Turma 1	25	24	1	5,7
Turma 2	20	6	14	3,5

Fonte: do Autor (2019).

Ademais, ambos os cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo, em suas Diretrizes Curriculares Nacionais, reiteram o domínio de tecnologias relevantes à sua prática profissional e a compreensão de sistemas estruturais. O entendimento dessas competências pelos egressos, ao que tange o tema discutido nesta pesquisa, ocorre de maneira semelhante. Portanto, a discussão integrada por alunos dos dois cursos com pontos de vista diferentes, mas que convergem para o mesmo ponto, pode ser proveitosa (BRASIL, 2002; BRASIL 2010).

3.3 Detalhamento da ação pedagógica

As atividades consistiram em uma simulação de sucessão de eventos, onde o sujeito da pesquisa foi o responsável técnico por uma estrutura e deve responder ao proprietário da obra uma série de questionamentos. A oficina aconteceu em um laboratório de informática da Universidade e, em decorrência de sua capacidade, cada participante detinha seu próprio computador para realizar as atividades individualmente. O Quadro 3 apresenta, resumidamente, o planejamento das atividades realizadas.

A proposta foi aplicada de terça-feira a sexta-feira no período vespertino da última semana de maio de 2019, com um encontro por dia e com duração de 1 hora e 30 minutos por encontro, resultando em 2 encontros para cada turma. No primeiro encontro de cada turma, foram designadas as atividades 1 e 2, e as atividades 3, 4, 5 e o fechamento no segundo encontro. Após a conclusão de cada atividade, as respostas eram recolhidas, evitando que os alunos reescrevessem as suas respostas após a resolução do exercício. Posteriormente, o pesquisador demonstrava a solução da atividade e socializava seus objetivos antes de seguir para a próxima tarefa.

Quadro 3 - Planejamento das atividades

ENCONTRO	ATIVIDADE	OBJETIVOS
1	1 – Introdução e Construção do diagrama	Apresentar as ferramentas básicas do <i>software</i> Ftool para os alunos.
	2 – Importância dos negativos	Verificar que as barras de aço na parte de cima de uma viga resistem aos momentos negativos.
2	3 – O dobro da carga	Verificar que o momento resultante máximo aumenta proporcionalmente a carga.
	4 – O dobro do vão	Verificar que o momento resultante aumenta em proporção quadrática em relação ao aumento do vão.
	5 – Sacadas em balanço	Verificar que os momentos máximos diminuem com a adição de balanços.
	Fechamento	Sanar dúvidas restantes e formalizar os conceitos vistos.

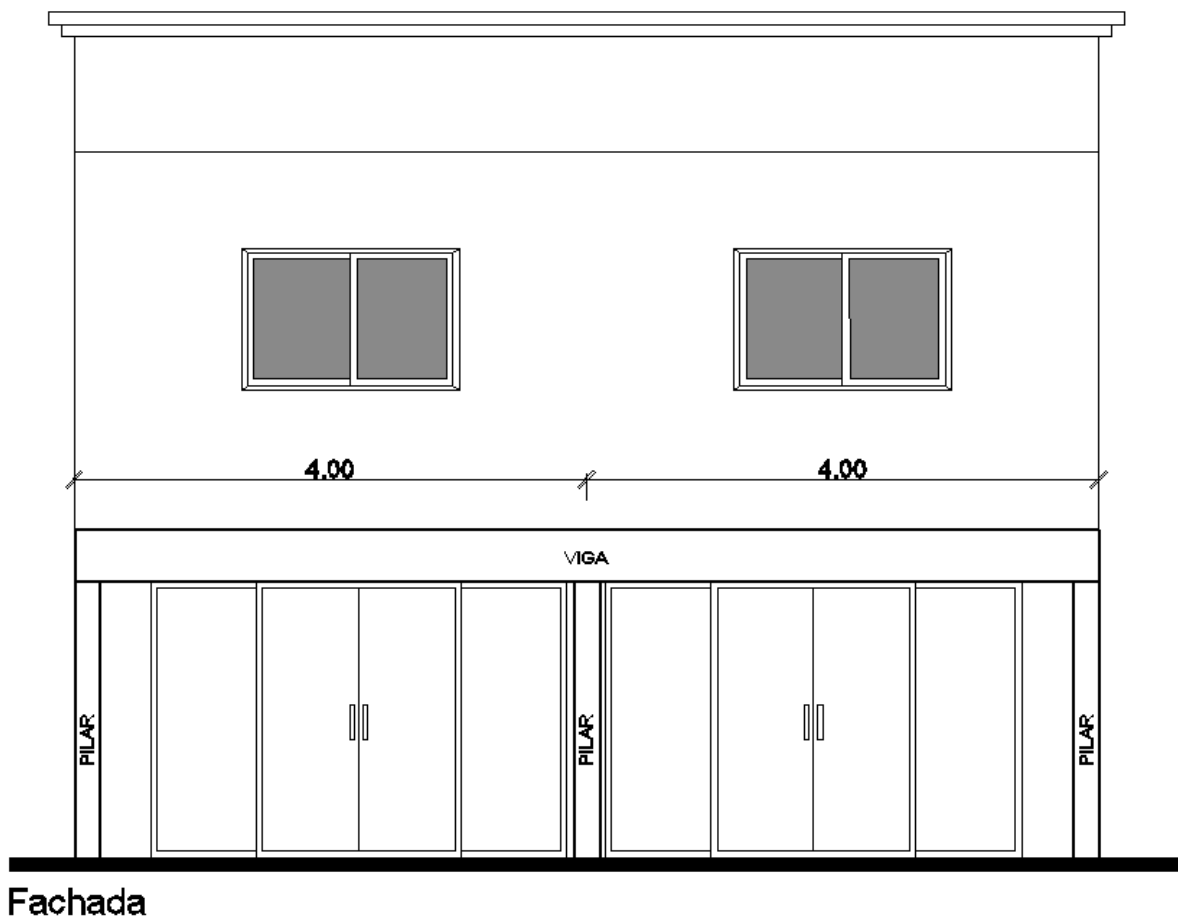
Fonte: do Autor (2019).

Os dados foram coletados por meio das respostas discursivas apresentadas pelos alunos, verificando se atingiram os objetivos pretendidos, reforçando o método de “escrever para pensar” de Galiazzi e Moraes (2002). Os exercícios respondidos em cada aula abordam somente os conceitos de momento fletor, deixando os esforços cisalhantes e normais para futuras pesquisas.

No primeiro encontro foi apresentada a pesquisa aos alunos, esclarecendo seus objetivos e duração. Após isso, foi entregue para cada estudante o Termo de Consentimento Livre Esclarecido - TCLE (APÊNDICE D), partindo do pressuposto de que todos os acadêmicos são maiores de idade. Eles também receberam uma folha de identificação de dados, juntamente com o questionário prévio (APÊNDICE B), importante para uma futura análise sobre as respostas obtidas nos problemas.

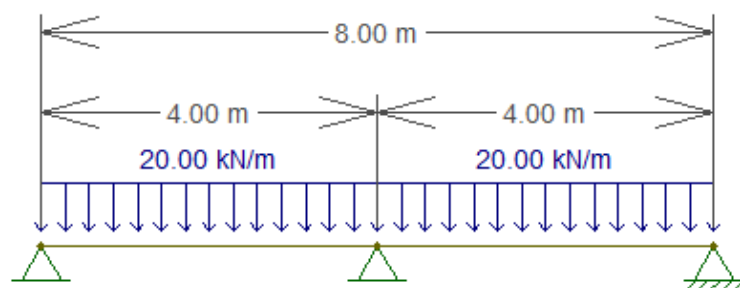
Uma vez que todas as dúvidas sobre a pesquisa foram sanadas, cada aluno recebeu uma cópia do Guia de Ferramentas do Ftool e dos Questionários e Atividades, apresentados nos Apêndices A e B. Assim, começou a Atividade 1, a criação do diagrama de esforços baseado na fachada apresentada na Figura 3. Isso foi realizado em conjunto com a turma e seu objetivo era apresentar as ferramentas básicas do Ftool para os discentes, necessárias para a realização das atividades posteriormente. Em associação a tarefa em conjunto, foi conduzido um diálogo sobre a importância das ferramentas digitais no cotidiano de um profissional da construção, e como ocorre a transposição de um modelo real para uma simulação gráfica, norteado ao objetivo específico II deste trabalho. Feito isso, foi apresentado o projeto estrutural para ser analisado e ditou as diretrizes para a criação de seu diagrama de esforços no Ftool, assemelhando-se ao fim com a Figura 4.

Figura 3 - Fachada da Atividade 1



Fonte: do Autor (2019).

Figura 4 - Diagrama de esforços inicial, Atividade 1

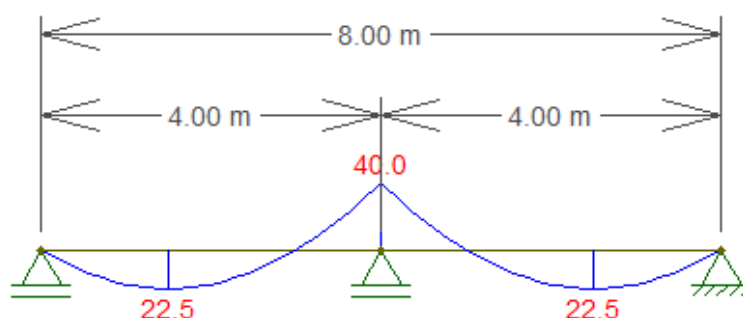


Fonte: do Autor (2019).

A partir do diagrama formado na Figura 4, começou a Atividade 2 onde o proprietário da obra questiona a importância das barras de aço negativas.

Inicialmente, com base no modelo gerado, os participantes da oficina deveriam responder ao proprietário que a fala sobre a armadura negativa só é válida em situações de dois apoios. Entretanto, como o modelo em questão possui três pilares, a ferragem negativa torna-se a mais solicitada, resistindo ao momento mais alto do sistema, como mostra a Figura 5.

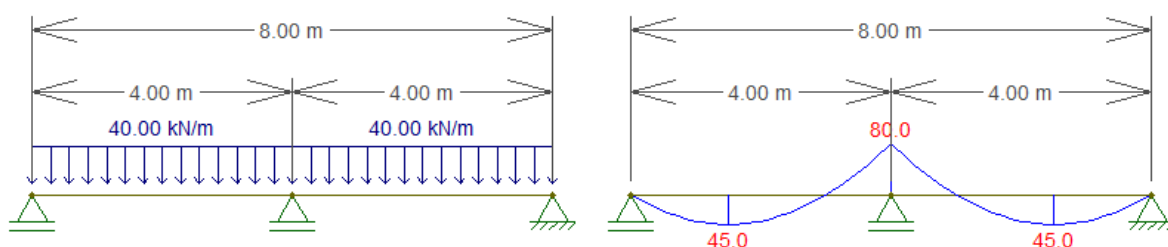
Figura 5 - Diagrama de forças e momentos máximos resultantes, Atividade 1



Fonte: do Autor (2019).

O segundo encontro retoma o diagrama inicial, contudo, na Atividade 3, o proprietário deseja realizar uma mudança em seu projeto: ele quer construir um terceiro pavimento. Ao dobrar a carga no sistema, simulando um terceiro pavimento, os estudantes devem perceber que os momentos máximos também dobram (FIGURA 6). Assim, o objetivo principal desta atividade é perceber que os momentos máximos aumentam em função proporcional ao aumento de carga. Ademais, também é comum na vivência de um profissional do ramo de execução de obras indagações sobre a possibilidade de mudanças *in loco*, logo, essa atividade visa à preparação do responsável técnico para esse tipo de situação.

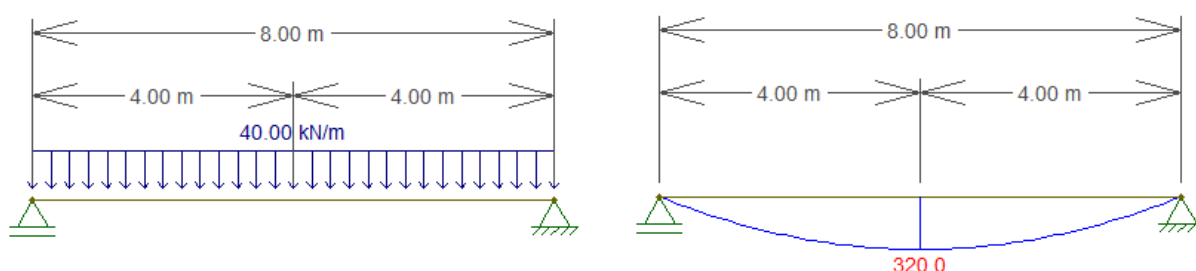
Figura 6 - Diagramas de esforços e momentos resultantes para a Atividade 3



Fonte: do Autor (2019).

A Atividade 4 abarca outra solicitação frequente pelos projetistas arquitetônicos ou pelos proprietários: a remoção de um dos pilares. Ao remover o apoio central, como solicitado, os participantes devem inicialmente perceber o desaparecimento do momento negativo e o aumento drástico do momento positivo. Além disso, devem perceber que, diferentemente da Atividade 3, o aumento não seguiu uma proporção linear, mas sim quadrática: para o dobro do vão, o momento máximo aumenta quatro vezes (FIGURA 7).

Figura 7 - Diagramas de esforços e momentos resultantes para a Atividade 4

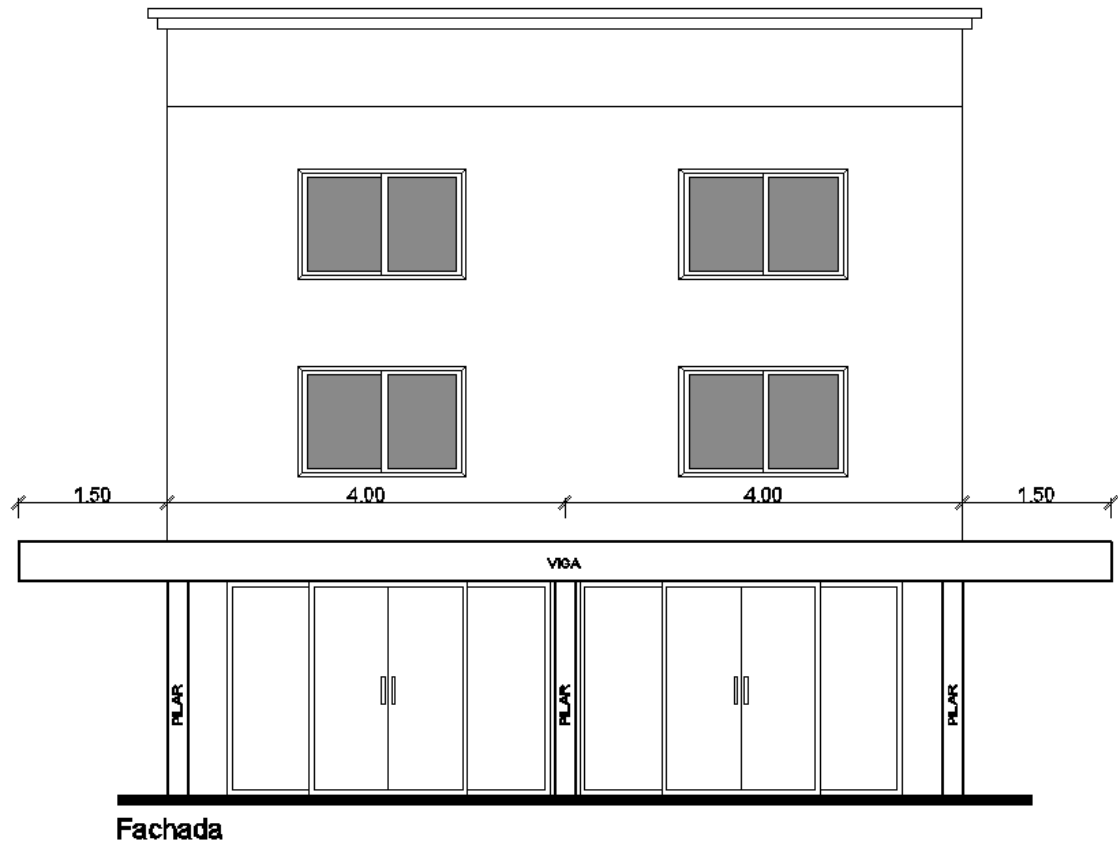


Fonte: do Autor (2019).

A fim de ilustrar essa proporção quadrática de aumento da reação de momento em relação ao aumento do vão, podem ser simuladas outras estruturas, com vãos de 4m, 8m e 12m. Assim, é possível que, ao demonstrar a resolução da atividade, o pesquisador também construiu esses outros sistemas sob o mesmo carregamento, sendo o tamanho do vão a única variável. Ao simular as reações, notou-se a progressão quadrática das reações: ao dobrar o vão de 4m para 8m, o momento aumentará quatro vezes, ao triplicar o vão de 4m para 12m, o momento se intensificará nove vezes, e assim por diante.

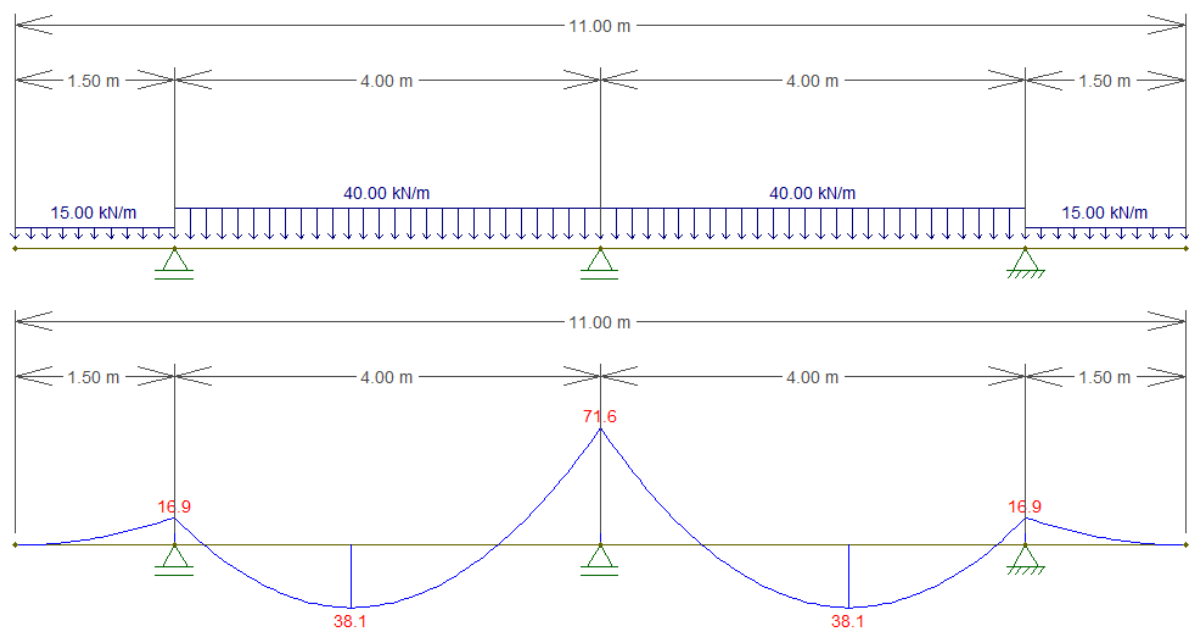
Na última tarefa, a Atividade 5, o pilar central é novamente recolocado e o sistema volta a ser como na Atividade 3, com a carga de dois andares, contudo, com a adição de uma sacada de 1,5 metros para cada lado (FIGURA 8). Inicialmente, o questionamento feito pelo proprietário refere-se à possibilidade de execução dessas sacadas, como se isso pudesse ser um problema. Entretanto, ao montar o diagrama de esforços, o estudante deve perceber que, na verdade, os momentos máximos do sistema diminuirão, como mostra a Figura 9 se comparada com a Figura 6. Da mesma forma, deve perceber que os balanços, nesse caso, ajudaram no equilíbrio de forças da estrutura, ao invés de perturbá-la.

Figura 8 - Fachada atualizada para a Atividade 5



Fonte: do Autor (2019).

Figura 9 - Diagramas de esforços e momentos resultantes para a Atividade 5



Fonte: do Autor (2019).

Por fim, foi realizado um fechamento da oficina, formalizando os conceitos abordados pelas atividades, após o qual aplicou-se o último questionário. O questionário pós-oficina retoma as questões iniciais do primeiro encontro, com a adição de um problema que apresenta um projeto de armadura de uma viga de concreto armado, e correlaciona esse projeto com os possíveis momentos do sistema que o gerou. Através das conclusões atingidas pelos estudantes em cada etapa, foi verificado se os objetivos da pesquisa foram atingidos ou quais foram os problemas recorrentes. Além dos diagramas trabalhados nas atividades, verificou-se que o manuseio do *software* instigou os alunos a testarem diferentes combinações de cargas e geometrias, incentivando sua autonomia para gerar novos casos.

3.4 Coleta e avaliação dos dados

Os dados para a pesquisa foram coletados por meio das respostas discursivas dadas pelos participantes aos questionamentos. Uma vez que cada um dos questionamentos possui objetivos específicos, através da análise descritiva das respostas foi possível perceber se o participante atingiu a finalidade do exercício ou não. Ademais, cada participante preencheu de forma anônima uma folha de informações próprias (APÊNDICE B), indicando em qual curso está matriculado e quais disciplinas foram anteriormente cursadas. As informações particulares e as respostas de cada aluno foram cruzadas com um outro questionário entregue ao fim da oficina. Com isso, obteve-se dados sobre a caracterização da turma ou de como a experiência de cada participante influenciou em suas respostas.

As respostas para os questionamentos foram analisadas de forma direta, levando em conta o objetivo de cada atividade. Assim, foram criadas inicialmente dois grupos para as respostas, considerando corretas aquelas que atingiam o objetivo e erradas aquelas que não o alcançavam em sua totalidade ou continham de algum erro conceitual. Contudo, a partir da natureza dissertativa das respostas, surgiu a necessidade da concepção de um terceiro grupo intermediário, ou incompleto, para classificar as respostas que não atingiam todos os objetivos da

prática, porém, não possuíam nenhum erro conceitual. Esse conjunto desempenhou o papel de transição de alguns participantes, como parte da análise de indícios de ampliação de conhecimento, contudo, ainda consideradas como incorretas durante as análises estatísticas. Portanto, as respostas foram classificadas em três divisões gerais: certas, erradas e incompletas. O Apêndice C apresenta duas tabelas, uma para cada turma, contendo os dados extraídos das atividades.

Outrossim, foi adotado durante a prática um diário de campo, possibilitando o pesquisador a traçar anotações sobre os momentos julgados relevantes ao andamento da pesquisa. O diário de campo pode ser definido como “o registro diário de eventos e conversas ocorridas; das anotações em campo que podem incluir um diário, embora tendam a ser mais abrangentes, analíticas e interpretativas do que uma simples enumeração das ocorrências” (POLIT; HUNGLERT, 1995, p. 179), onde além dos acontecimentos, o pesquisador já registra sua análise no momento do acontecimento. Assim, é possível realizar anotações em um diário entre uma atividade e outra, tornando isso uma prática familiar ao professor sem que tome muito de seu tempo (BORTONI-RICARDO, 2008).

Por fim, esses dados são apresentados no próximo capítulo, separados em um subcapítulo por atividade realizada na oficina. Nesses subcapítulos, são comparadas as informações prévias de cada participante, expondo tabelas que traçam paralelos entre a experiência acadêmica e extraclasse do estudante e se ele atingiu ou não o objetivo da atividade. Ademais, foram transcritas respostas consideradas relevantes para as análises, de maneira a apresentar informações mais pontuais acerca do objeto de estudo. Dessa forma, tem-se uma leitura segmentada a fim de proporcionar um melhor entendimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta uma reflexão dos dados obtidos durante as oficinas, utilizando como base as respostas dissertativas de cada participante. Através da análise direta dos textos, foi possível traçar pressupostos correlacionados com suas informações individuais, especialmente em relação às suas experiências acadêmicas e extraclasse. Somando essas informações às respostas dos questionários inicial e final, diversos conceitos são postos em pauta para serem debatidos nos subcapítulos que seguem.

4.1 Questionário pré-oficina

A introdução à prática, por meio do questionário prévio, revelou informações pertinentes quanto aos conceitos básicos de mecânica por parte dos participantes. Além das suas informações curriculares, como curso, semestre, experiência, etc., antes do início das atividades, cada aluno deveria responder três questões discursivas com respostas diretas, encontradas na primeira folha do Apêndice B. A primeira delas inquiria qual o principal esforço resistido pelas barras de aço positivas em uma viga, a segunda questão quanto ao principal esforço resistido pelas barras negativas, e a última quanto à função da armadura transversal, popularmente conhecida por estribos.

Conforme os estudantes chegavam ao laboratório de informática, eles recebiam essas questões para responderem e, à medida que concluíam,

entregavam ao pesquisador que anotava o número de respostas corretas e incorretas. Ambas as turmas tiveram índices de acerto próximos para a primeira questão, que questionava sobre qual o principal esforço resistido pelas barras de aço positiva, ou seja, as barras localizadas na parte inferior da viga. Na primeira turma, 64% dos participantes escreveram uma resposta satisfatória, e na segunda turma a taxa de acertos foi de 70%.

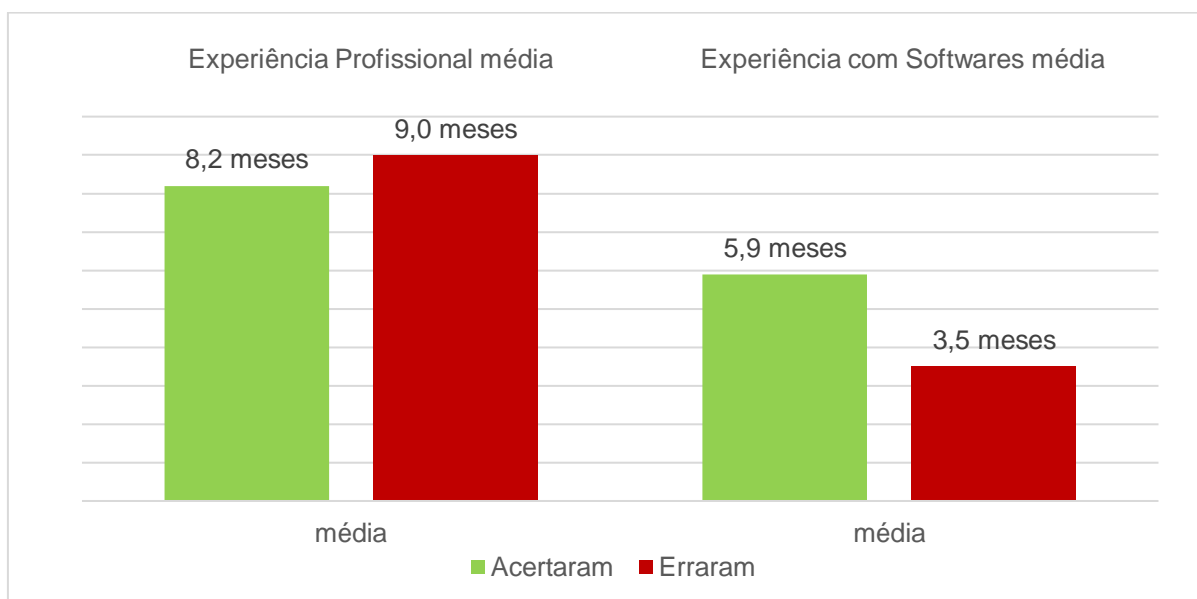
Também, em ambos os casos, o índice de erros subia conforme os participantes cursavam um semestre mais inicial: na primeira turma 88% das respostas insatisfatórias foram elaboradas por alunos do quinto semestre ou menor, ao passo que na segunda turma todas respostas incorretas foram apresentadas por alunos do terceiro semestre ou inferior. Dessa forma, os estudantes da Turma 1 que erraram a questão possuíam em média 1 disciplina relevante concluída, enquanto os que acertaram possuíam, em média, 3. A Turma 2, por sua vez, apesar de alguns participantes estarem em um semestre mais avançado do que outros, a média geral do número de disciplinas cursadas é muito próxima, cerca de uma disciplina e meia por estudante, independentemente se eles acertaram ou erraram a questão.

Todavia, o aumento do tempo de experiência profissional ou da utilização de um *software* estrutural não contribuiu para uma maior taxa de respostas corretas para essa primeira pergunta. Essa análise leva em consideração a média dos meses de experiência dos participantes da turma, que posteriormente foram divididos entre quem acertou e quem errou a questão. Assim, é possível comparar a experiência do grupo e como as respostas dele se dividiram entre corretas e incorretas, considerando tanto a experiência profissional, quanto a experiência com *softwares*.

O Gráfico 1 representa uma distribuição do tempo de experiência extraclasse médio de cada participante da Turma 1 em relação à sua resposta, de forma a mostrar o arranjo da média de meses de vivência prática entre as respostas consideradas corretas e incorretas. O Gráfico 2, por sua vez, aponta a mesma análise, porém para a Turma 2. Contudo, de forma a preservar a estatística, o Participante 31 da Turma 1 e o Participante 52 da Turma 2 foram removidos da equação da média de experiência profissional. Essa decisão se deve ao fato deles estarem muito longe da variância e terem trabalhado como servente ou pedreiro por

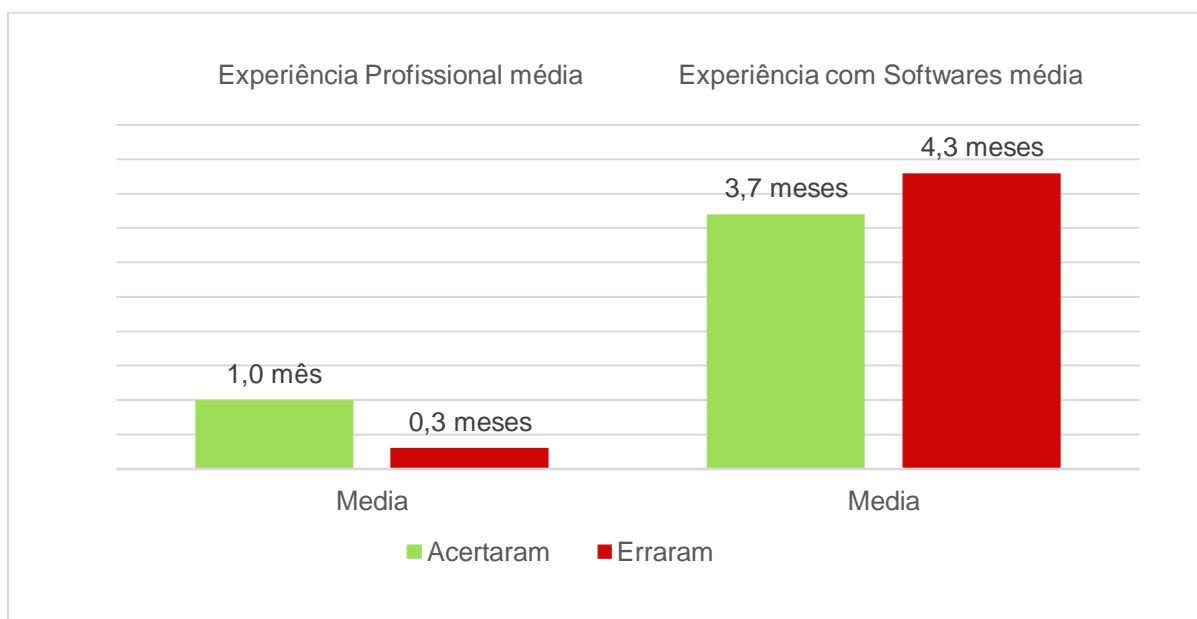
120 meses (10 anos), número que representa mais de um terço do tempo total de experiência da Turma 1, e 88% da experiência total da Turma 2, alterando drasticamente a análise.

Gráfico 1 - Experiência Prévia média da Turma 1 em relação a resposta da Questão 1 pré-oficina



Fonte: do Autor (2019).

Gráfico 2 - Experiência prévia média da Turma 2 em relação a resposta da Questão 1 pré-oficina



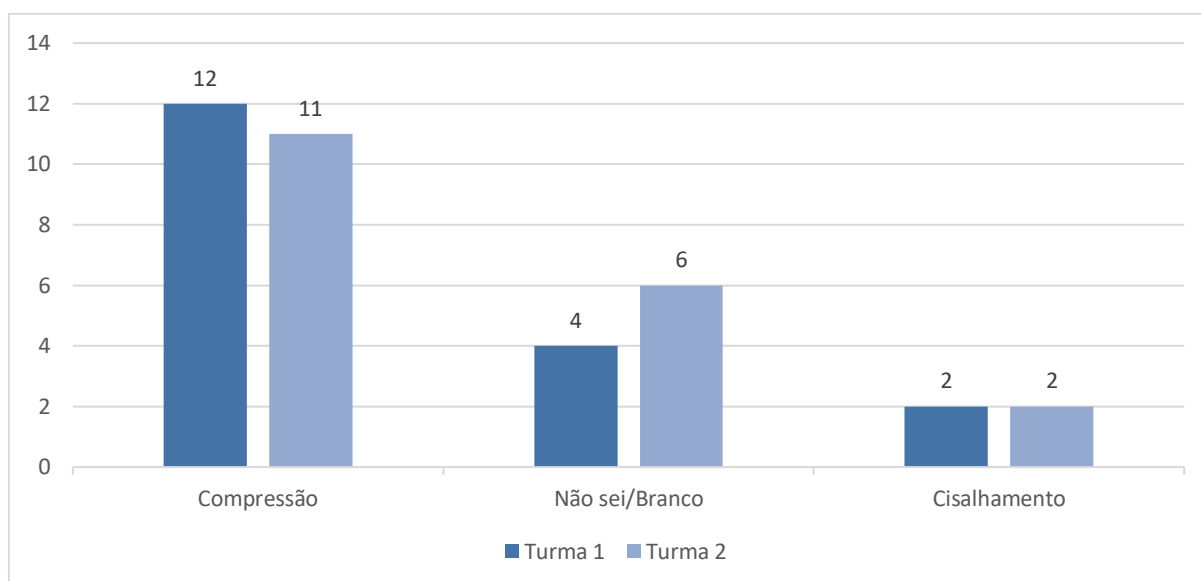
Fonte: do Autor (2019).

Na primeira turma, os alunos que acertaram a primeira questão possuíam, em média, um mês de experiência no ramo de construção civil a menos do que os alunos que erraram. Apesar disso, quando se trata de experiência com *softwares* estruturais, especialmente o Ftool, os estudantes que acertaram possuíam dois meses e meio, em média, a mais de prática. Na segunda turma, o padrão se inverte: os alunos que acertaram possuem maior experiência profissional e menor experiência com *softwares*. Ademais, nota-se que os alunos da primeira turma têm em geral mais experiência extraclasse, contudo, o índice de acertos para essa primeira questão se manteve muito próximo para ambas as turmas, conforme citado anteriormente. Isto posto, a experiência extraclasse prévia de cada participante parece ter tido pouca influência para a primeira questão do questionário prévio.

A pergunta número 2 do questionário prévio, que indaga sobre qual o principal esforço resistido pelas barras de aço negativas, no que lhe concerne, teve o pior índice de acerto de todas as atividades para ambas as turmas. Na Turma 1, 7 participantes acertaram a questão (28%) e, na Turma 2, somente o Participante 86 respondeu corretamente (5%). Contudo, o Participante 86 chegou atrasado na oficina, durante o exato momento em que o pesquisador já havia recolhido todos os questionários e explicava qual o intuito do questionário prévio, e quais seriam as respostas satisfatórias. Assim, acredita-se que esse dado não deva ser levado em total consideração, uma vez que o aluno potencialmente ouviu a resposta antes de entregar a folha dos questionários.

Todavia, além da quantidade de respostas incorretas, o que mais chamou a atenção para a questão 2 foi a resposta mais comum registrada. Considerando todos os 45 participantes das duas turmas, 23 deles responderam que o principal esforço resistido pelas barras longitudinais negativas era o esforço de compressão, representando 51% de todas as respostas. O Gráfico 3 apresenta as respostas incorretas da questão 2 registradas por cada turma.

Gráfico 3 - Respostas Incorretas para a Questão 2



Fonte: do Autor (2019).

As respostas registradas em cada turma foram bastante semelhantes, como aponta o Gráfico 3, com a principal resposta incorreta incidente sendo “compressão”. Antes de começar o segundo encontro em cada turma, o pesquisador entrevistou alguns participantes de forma a tentar rastrear a origem desse erro que se mostrou tão comum. Nagy e Buriasco (2008) reiteram que o professor deve buscar pela razão das escolhas feitas pelos alunos em suas respostas, pois ao limitar as respostas apenas como certas ou erradas, o docente deixa de reconhecer possíveis equívocos relacionados à apropriação de certos conceitos. As réplicas foram gravadas e transcritas no diário de bordo, conforme segue:

Porque na fórmula que a gente viu em Mecânica Estrutural, o sinal da força é positivo quando é tração e negativo quando é compressão (Participante 3).

Porque quando o momento é positivo a viga embarriga pra baixo, aí a parte de cima dela fica comprimida (Participante 34).

A gente aprendeu que quando o esforço é positivo, é tração, e quando ele é negativo, é compressão. Então as barras negativas devem ser compressão. (Participante 61).

Porque tração é positivo e compressão é negativo (Participante 81).

A partir da argumentação desses quatro alunos, percebeu-se certos padrões. O conceito de tração e compressão estava diretamente ligado aos sinais positivos e

negativos das equações de Mecânica Estrutural. Ao inserir o dado da força nessas equações, o valor deve ser positivo se a força for de tração, e negativo se a força for de compressão. Entretanto, no que tange ao cálculo de estruturas de concreto armado, os termos negativo e positivo se referem aos momentos geradores dos esforços de tração em uma região da viga, uma vez que as barras de aço são dimensionadas para resistirem aos esforços de tração gerados por esses momentos positivos ou negativos. Assim, notou-se um equívoco conceitual onde os participantes ligavam o sentido da força nas equações de mecânica com o esforço gerado pelos momentos em uma estrutura.

Ademais, a partir da declaração do Participante 34, verifica-se que ao responder a Questão 2 os participantes podem ter imaginado também as barras de aço superiores em uma situação de viga bi apoiada. Nesse caso, responder “compressão” não estaria totalmente equivocado em alguns casos, como por exemplo se o cálculo indicasse a necessidade de armadura dupla, ou seja, casos onde a compressão na parte superior da viga é bastante solicitada, a ponto de ser necessário adicionar uma armadura de compressão. Contudo, esses casos não são comuns, posto que o concreto regularmente resiste bem à compressão, e na pluralidade dos casos o aço é empregado para resistir aos esforços de tração gerados pelos momentos. Assim, diferencia-se conceitualmente as armaduras duplas ou de compressão e as armaduras negativas.

No tocante aos participantes que atingiram os objetivos da Questão 2 do questionário prévio, a análise dos dados fica comprometida devido ao baixo número de acertos. Esses sete participantes da Turma 1 mais o Participante 86 da Turma 2 estão distribuídos em diversos semestres com diferentes números de disciplinas cursadas, além de tempos de experiência variados. Contudo, percebe-se que os participantes que acertaram a segunda questão estão dentre os que atingiram o maior número geral de acertos, apontando para um possível conhecimento individual.

A terceira e última questão pré-oficina também teve índice de acertos baixo. Na Turma 1, a taxa de respostas satisfatórias para esse questionamento foi de 44%, empatando com a Atividade 2. Na Turma 2 o índice de acertos foi ainda menor, com

apenas 25% de respostas consideradas corretas, e assim como na primeira turma, essa questão teve um baixo percentual de acertos se comparado com as demais atividades.

Apesar do baixo número de acertos, o arquétipo das informações prévias quanto ao andamento do curso se configurou de forma semelhante a questão número 1. Assim como antes, os candidatos cuja resposta foi considerada correta representam os discentes em semestres mais avançados. Na Turma 1, os estudantes que acertaram possuíam em média 6,7 semestres concluídos, enquanto que os que se equivocaram tinham cursado apenas 4,8 semestres em média. As médias de semestres concluídos da Turma 2 seguiram o mesmo padrão anterior, porém com uma diferença menos significativa. Os participantes que acertaram a resposta possuíam em média 3,8 semestres completos ou cursados, em oposição aos 2,9 dos alunos que erraram a resposta.

Por conseguinte, estar em um semestre mais adiantado significa mais disciplinas concluídas. Dentre os que acertaram a questão, o número médio de matérias relevantes girava em torno de 3,5 para a Turma 1, e em torno de 2 para a Turma 2, e dos que erraram, em torno de 1,3 para ambas as turmas. Novamente, assim como na Questão 1, os alunos mais avançados em seus cursos apresentaram um melhor desempenho na Questão 3.

No entanto, no que diz respeito à experiência profissional e com *softwares* de análise estrutural, há divergências entre a terceira e a primeira questão. Na Turma 1, os estudantes com maior experiência extraclasse tiveram um melhor desempenho na questão número 3, uma vez que os participantes que acertaram a questão tinham em média um ano de experiência profissional, e meio ano de experiência com *softwares*, enquanto que os que erraram possuíam apenas 5 meses de experiência profissional, e 4 meses de experiência com *softwares*, em média. Como apenas 3 candidatos da Turma 2 possuem experiência profissional, a análise desse dado é intrincada. Contudo, no que toca ao tempo médio de experiência com *softwares*, o tempo de uso dos participantes que obtiveram êxito é sensivelmente maior, cerca de 4,8 meses contra 3,6 meses.

Destarte, comparando o índice de sucesso das duas turmas, percebe-se que apesar de bastante próximos, a Turma 1 cuja experiência tanto acadêmica quanto profissional era maior, obteve melhores resultados gerais. Aliado a isso, a primeira turma é composta quase que exclusivamente por discentes de Engenharia Civil, cuja grade curricular enfatiza os temas estruturais mais específicos, abordados durante a oficina, em contrapartida à segunda turma, que era constituída por 70% de estudantes de Arquitetura e Urbanismo, onde usualmente os tópicos sobre estruturas de concreto armado são mais breves em suas grades. Portanto, no que diz respeito aos conhecimentos prévios às atividades, os alunos de Engenharia Civil em um semestre mais avançado obtiveram os melhores resultados, independentemente de sua experiência profissional ou com o *software*.

O levantamento desses dados traz à tona novamente a reflexão proposta por Demo (1996) e Freire (2003), apresentada no subcapítulo 2.1 desta pesquisa. Os autores reiteram que para que os assuntos abordados sejam relevantes ao discente, eles devem ser compreendidos em sua atividade cotidiana. À vista disso, esperava-se que os participantes com mais vivência profissional estivessem menos alheios aos temas abordados, o que não foi o caso aludido pelas respostas obtidas. Por consequência, o questionamento construtivo referido por esses autores, ao que se indica, parece mais presente em meios acadêmicos do que profissionais, uma vez que o que se espera dos estagiários de engenharia ou arquitetura sejam os resultados, e não questionamentos.

4.2 Atividade 2: a importância dos negativos

Uma vez que a Atividade 1 é apenas a modelagem inicial do sistema estrutural no Ftool, é na Atividade 2 que começam propriamente as análises por parte dos alunos. As práticas apresentadas a seguir foram desenvolvidas para serem trabalhadas com suporte digital, considerando o uso do Ftool desde sua concepção inicial. Dessa forma, visou-se alcançar o que Rocha (2008) salienta sobre a formação de currículos, quando cita que as ferramentas digitais devem ser um

recurso presente durante a elaboração dos planos didáticos. Diante disso, o computador não se torna apenas um adereço e sim um componente eficaz de ação pedagógica.

A partir da experiência em construção civil do pesquisador, especialmente em relação à função das armaduras em vigas de concreto armado, antecipou-se que ocorreriam dificuldades na Questão 2 do questionário prévio. Este, portanto, foi o motivo da elaboração desta atividade: fazer os estudantes se questionarem quanto a finalidade da armadura na parte superior da viga, ou seja, a armadura negativa. Assim, mediante a visualização das reações na estrutura construída no *software*, cada participante deveria elaborar uma resposta dissertativa que justificasse os reforços de aço na parte superior da viga. Esse método de resposta dissertativa entra em consonância com os ideais de Bagno (2007), quando justifica que para que os alunos tenham sucesso em sua atividade futura, é indispensável que eles saibam se expressar enquanto pesquisadores.

A Tabela 2 apresenta a taxa de participantes da Turma 1 que atingiram ou não os objetivos desta atividade, bem como as médias de seus semestres, disciplinas cursadas, experiência profissional e experiência com *softwares*, em meses. Seguindo um padrão que vem se desenhando desde o início das atividades, os estudantes que atingiram os objetivos desta estão dentre os que possuem mais meses de experiência acadêmica. O mesmo é válido para os membros da Turma 2, conforme Tabela 3, entretanto, devido a poucos alunos da segunda turma possuírem experiência no ramo de construção, este dado é omitido nessa tabela e nas demais dessa série.

Tabela 2 - Dados da Atividade 2, Turma 1

	Quantia	Semestre	Disciplinas	Exp. Profissional (meses)	Exp. Softwares (meses)
Atingiram	44%	6,2	2,8	9,6	5,5
Não Atingiram	56%	5,3	1,8	7,5	4,7

Fonte: do Autor (2019).

Tabela 3 - Dados da Atividade 2, Turma 2

	Quantia	Semestre	Disciplinas	Exp. Profissional (meses)	Exp. Softwares (meses)
Atingiram	30%	3,2	1,7	-	4,3
Não Atingiram	70%	3,1	1,3	-	3,7

Fonte: do Autor (2019).

Na Turma 1, 11 (44%) participantes responderam corretamente essa atividade. Dentre esses estão 6 dos 7 estudantes que acertaram a Questão 2 pré-oficina, mais 5 que estavam incorretos anteriormente. Desses 5, os participantes 3, 13, 27 e 33 reportaram compressão como resposta, e o Participante 17 deixou em branco. Abaixo segue a transcrição das respostas desses 5 participantes, que responderam erroneamente o questionário prévio, porém, atingiram os objetivos da Atividade 2:

As barras de cima estão aguentando o esforço gerado pelo pilar do meio. Inclusive elas nesse caso estão segurando “4 fuscas²”, enquanto as de baixo 2 “fuscas” (Participante 3).

Não, pois, também existe tração em cima da viga (Participante 13).

No “meio” da viga há esforço negativo, necessitando de armadura para tração na parte superior. Por isso, é necessário armadura conforme cálculo (Participante 17).

A ferragem da “parte de cima” da viga resiste ao momento negativo, este surge na viga por causa do apoio no centro. Sendo assim, no centro da viga não é possível diminuir a bitola da armadura. Nas duas extremidades não há momento negativo, assim, as barras da armadura negativa tem função de fechar os estribos e poderiam ser diminuídas para o mínimo conforme norma (Participante 27).

Eu diria que caso a ferragem superior da viga não existisse, o concreto facilmente sofreria ruptura por não haver nenhum material resistindo à tração neste local da viga (Participante 33).

Quanto às respostas dos membros da Turma 2, 6 (30%) delas foram consideradas completas, atingindo o objetivo desta atividade, e estão transcritas abaixo. Esses 6 participantes haviam errado a Questão 2 do questionário pré-oficina,

² O Participante 3 fez alusão a uma conversão de unidades feita pelo pesquisador durante a Atividade 1, quando diz que a força de 10 KN representa praticamente o peso de um Fusca.

registrando “compressão” para os participantes 54, 61, 62 e 66, e deixado em branco pelos participantes 76 e 79.

Não. As barras de cima são responsáveis pela resistência à tração e o momento máximo fletor (Participante 54).

Que não poderíamos colocar barras mais finas, pois elas estão resistindo aos esforços positivos da viga (40KN) e se ela for mais fina não irá suportar esses esforços e irá deformar (Participante 61).

Não, pois o momento neste caso é negativo, ou seja na parte de cima da viga (Participante 62).

As ferragens da parte superior da viga são muito importantes, pois o momento fletor que pode ser positivo e negativo (Participante 66).

Todas barras devem ser utilizadas para garantir que a viga permaneça intacta, visto que a ferragem superior (negativa) deve sustentar um esforço de 40 KN, e as inferiores (positivas) sustentarão 22,5 KN de cada lado. Logo, ao tirar alguma das ferragens, provocaremos colapso na estrutura (Participante 76).

Não, pois as barras de cima da viga servem para dar resistência à tração negativa. Em uma viga com 3 pilares, esse tipo de força se daria com mais intensidade no pilar do meio (Participante 79).

Ocorreu então que, 11 participantes que antes não pareciam compreender a função do aço na parte superior da viga, ou armadura negativa, agora na Atividade 2 conseguiram expressar sua utilidade. De alguma forma, todos eles associaram a existência da armadura negativa ao momento fletor negativo ou à tração que ocorre na parte superior da viga causada por esse momento. No início da oficina, todos deveriam responder o questionário pré-oficina sem nenhum embasamento, contudo, na Atividade 2 eles possuíam um modelo digital ao qual se aportar. Assim, ao que indica a melhora de desempenho dessa amostra de 11 pessoas, o ato de modelar a estrutura e analisar suas reações esclareceu alguns conceitos antes dúbios, principalmente no que tange a ocorrência de esforços de tração e compressão.

Ademais, evidencia-se que no questionário prévio os estudantes deveriam apenas escrever uma resposta curta, de uma palavra, enquanto nessa atividade deveriam elaborar uma resposta mais completa. Ao ser exigida uma resposta escrita, o participante é obrigado a organizar suas ideias de forma a expressá-las no papel, constituindo o que Galiazzi e Moraes (2002, p. 240) descrevem como o “escrever como maneira de pensar”. Assim, acredita-se que a soma do escrever

para pensar com o ato de modelar o problema digitalmente, tenha trazido resultados benéficos para o desenvolvimento dessa e das demais atividades.

Ao explorar as respostas que não atingiram o objetivo proposto, percebe-se que esses alunos não possuíam clareza quanto a ocorrências dos esforços e reações em uma estrutura. Os textos dessas respostas desviavam e raramente eram assertivos quanto algum conhecimento técnico. Nesses casos, notou-se que todas as argumentações, além de não atingirem o objetivo da atividade, não utilizavam dos dados apresentados no *software* como informação. Portanto, ao verificar as contestações ao proprietário da obra, constatou-se que as repostas que atingiram o objetivo reportavam ao Ftool como embasamento, enquanto que as repostas que não atingiram o objetivo apenas divagavam e não faziam nenhuma menção ao diagrama de esforços gerado.

4.3 Atividade 3: o terceiro pavimento

A Atividade 3 forma um par com a Atividade 4, assim como a Questão 2 pré-oficina forma dupla com a Atividade 2. Nesta atividade, ao dobrar a carga de seu diagrama, os participantes devem reparar que as reações também dobraram. Assim, o objetivo desta etapa foi estabelecer uma base de comparação ou proporcionalidade entre as reações e as cargas, circunstância que poderia ser útil para a execução da próxima atividade. Outrossim, responder a questionamentos *in loco*, com o devido embasamento, faz parte da realidade de um profissional de construção civil, de maneira que se buscou contextualizar diversos aspectos que podem ser esperados por futuros profissionais, conforme sugerido pelos autores Silveira (2003) e Valente (1999), em cursos de formação profissional.

Esta prática figurou dentre as atividades com o maior percentual de respostas completas, como mostram as Tabelas 4 e 5. Por consequência, muitos textos contemplavam dados do Ftool como base, mostrando claramente como se comportavam as reações em função da carga. Ademais, mesmo entre as respostas

que não atingiram o objetivo, poucas apresentaram erros conceituais, geralmente apenas falhando em perceber a proporção intuída pela prática.

Tabela 4 - Dados da Atividade 3, Turma 1

	Quantia	Semestre	Disciplinas	Exp. Profissional (meses)	Exp. Softwares (meses)
Atingiram	68%	5,8	2,5	8	4,9
Não Atingiram	32%	5,3	1,7	9,6	5,2

Fonte: do Autor (2019).

Tabela 5 - Dados da Atividade 3, Turma 2

	Quantia	Semestre	Disciplinas	Exp. Profissional (meses)	Exp. Softwares (meses)
Atingiram	80%	3,2	1,4	-	3,7
Não Atingiram	20%	2,7	1,7	-	4,5

Fonte: do Autor (2019).

As Tabelas 4 e 5 mostram uma certa homogeneização quanto às experiências acadêmicas e extraclasse dos estudantes. No quesito semestres e disciplinas cursados da Turma 1, há um sensível aumento de quem atingiu os objetivos em relação a quem não conseguiu. Porém, esses são os únicos dois pontos onde a experiência maior foi em favor de quem acertou a questão. Todos os outros dados apontam os alunos menos experientes, inclusive com menos disciplinas cursadas na Turma 2, tiveram um desempenho melhor.

A fim de analisar o ocorrido, os textos dos três participantes mais experientes e que não atingiram os objetivos da atividade foram selecionados e transcritos abaixo. Inicialmente, percebe-se parágrafos vagos e contendo incongruências, principalmente no que diz respeito à definição dos conceitos de carga, reação e esforço:

Quando ocorre uma mudança no carregamento da estrutura, os esforços de momento são alterados neste caso, a armadura foi projetada para suportar uma carga menor do que se avalia quando adicionado mais um andar (Participante 13).

Mesmo que a estrutura tenho sido calculada p/ suportar 2 pav., acrescentando mais 1 pav., irá “necessitar” mais carga p/ suportar. Logo, o diagrama permanece: tração-compressão-tração, porém com o valor de carga maior (Participante 34).

A fundação e a estrutura deve ser redimensionada. O peso do terceiro andar vai estabilizar o momento fletor. A carga dobra necessitando mais dimensionamento nos pilares laterais por ter 60% da carga distribuída da laje (Participante 85).

Outrossim, nenhum desses participantes utilizou do Ftool como referência exitosa em seus textos, apesar de todos eles terem relatado 1 semestre de experiência com o *software*. Presumivelmente, os estudantes mais experientes buscaram uma forma de explicar o fenômeno a partir de seus conhecimentos prévios, enquanto os menos experientes se utilizaram mais das informações que tinham dispostas no momento em sua frente. Porventura, os participantes menos experientes realizaram todos os passos de abstração descritos por Martha (2000), explorando os dados a partir da estrutura real até a modelagem digital. Assim sendo, para essa atividade, a experiência prévia de cada estudante não contribuiu para um maior entendimento da questão, obtendo êxito aqueles que souberam analisar os dados apresentados pelo Ftool e ponderar em relação ao problema.

4.4 Atividade 4: o pilar central

Conforme supracitado, esta atividade é um aprofundamento da abstração da Atividade 3. Anteriormente, os participantes deveriam perceber o aumento proporcional direto das reações em função da carga e agora, porém, careceriam de notar o aumento quadrático das reações, além de distinguir a mudança de momentos negativos para positivos. Dessa forma, o índice de respostas cujo objetivo foi atendido caiu em relação a atividade anterior (TABELA 6 e TABELA 7), uma vez que a maior parte dos alunos que responderam incorretamente a Atividade 3 também não atingiram a totalidade de objetivos da Atividade 4.

Tabela 6 - Dados da Atividade 4, Turma 1

	Quantia	Semestre	Disciplinas	Exp. Profissional (meses)	Exp. Softwares (meses)
Atingiram	44%	6,2	2,7	6,5	4,5
Não Atingiram	56%	5,3	1,8	10,1	5,4

Fonte: do Autor (2019).

Tabela 7 - Dados da Atividade 4, Turma 2

	Quantia	Semestre	Disciplinas	Exp. Profissional (meses)	Exp. Softwares (meses)
Atingiram	25%	4,2	1,4	-	3,6
Não Atingiram	75%	2,7	1,5	-	4

Fonte: do Autor (2019).

Participantes com mais experiência acadêmica conquistaram uma melhor performance nesta atividade. Em ambas as turmas, alunos de semestres mais avançados atingiram com mais frequência o objetivo, enquanto, novamente, os menos experientes profissionalmente foram mais exitosos. Ao que indicam as Tabelas 6 e 7, correlacionado com as atividades anteriores, estar em um estágio mais adiantado em seu curso aparenta contribuir para um melhor desempenho nas atividades, enquanto trabalhar com construção civil ou conhecer o *software* não parece surtir muito efeito. Esse ponto se reflete na dicotomia apresentada anteriormente por Azevedo (2000), quando diz que a experiência acadêmica geral deve se sobrepor ao conhecimento técnico profissional, apresentando dados que corroboram com sua tese.

Considerando ambas as turmas, ao todo 16 participantes atingiram os objetivos propostos por esta atividade, sendo que desses, 14 também responderam satisfatoriamente a Atividade 3. Os participantes 10 e 25, que antes responderam a atividade anterior de forma vaga e imprecisa, agora na Atividade 4 utilizaram dos dados fornecidos pelo Ftool, apresentando uma boa noção do que as alterações de projeto causariam na estrutura, conforme a transcrição de suas respostas:

Se tirarmos o pilar central, a carga irá quadruplicar, e com isso o momento agira só na parte de baixo da estrutura, tendo que reforçar a estrutura (Participante 10).

Sem o pilar central, a carga quadruplica e o momento age todo na face inferior da viga, aumentando a compressão local (Participante 25).

Apesar de algumas imprecisões nos termos carga, reação e esforço apresentadas nesses trechos³, entende-se que os participantes notaram o

³ A carga permanece inalterada, ela não quadruplica conforme exposto pelos participantes, o que quadruplica é a reação de momento fletor. Isso resulta em uma tração maior na parte inferior da viga.

desaparecimento do momento negativo na viga e que ele se tornou inteiramente positivo. Também, relataram a intensidade desse aumento, que agora é quatro vezes maior. Todas essas informações só podem ser extraídas se o estudante conseguir compreender o diagrama do Ftool, o que indica um crescimento do entendimento de estruturas apoiado em tecnologias digitais, de acordo com o método descrito por Tedesco (2004), onde as tecnologias devem complementar os processos de ensino e aprendizagem tradicionais.

4.5 Atividade 5: a sacada

A quinta e última atividade utiliza-se de uma lógica inversa das demais atividades. Anteriormente, as proposições do proprietário implicavam em reações de maior magnitude na estrutura, compelindo o projetista a realizar alterações mais drásticas. Contudo, na Atividade 5 a construção das sacadas em balanço diminui os momentos máximos do sistema, ajudando de forma geral o equilíbrio da estrutura. Logo, a adição dos balanços, além de possível, auxilia o projetista a distribuir melhor os esforços.

Foram consideradas corretas, portanto, as respostas que abordavam a viabilidade da construção das sacadas e a diminuição dos momentos máximos. Assim como em todas as outras atividades, os participantes de semestres mais avançados ou com mais disciplinas pertinentes cursadas obtiveram um melhor desempenho, apesar de não representar uma diferença significativa. A Tabela 8 mostra que para a primeira turma a diferença foi praticamente nula em relação ao semestre, mas mostrou quase meia disciplina a mais cursada pelos participantes que acertaram a questão. Nesse ponto, a Turma 2 apresentou dados semelhantes, onde os participantes que atingiram os objetivos da atividade estavam menos de meio semestre na frente, também, com basicamente o mesmo número de disciplinas cursadas, conforme Tabela 9.

Tabela 8 - Dados da Atividade 5, Turma 1

	Quantia	Semestre	Disciplinas	Exp. Profissional (meses)	Exp. Softwares (meses)
Atingiram	56%	5,6	2,4	11,6	4,3
Não Atingiram	44%	5,5	2	4	6,2

Fonte: do Autor (2019).

Tabela 9 - Dados da Atividade 5, Turma 2

	Quantia	Semestre	Disciplinas	Exp. Profissional (meses)	Exp. Softwares (meses)
Atingiram	35%	3,3	1,4	-	2,6
Não Atingiram	65%	3,0	1,5	-	4,6

Fonte: do Autor (2019).

Todavia, essa foi a atividade que apresentou a maior diferença de experiência profissional entre os participantes que atingiram ou não os objetivos da questão (TABELA 8). Na Turma 1, todos os participantes mais experientes profissionalmente perceberam a equalização das reações na estrutura, inclusive, o Participante 33, cuja resposta apesar de ser minimalista e considerada incompleta, comenta da equivalência das forças. Dos outros 10 participantes que não atingiram os objetivos dessa questão, 7 deles não possuíam nenhuma experiência profissional. Os dados da Turma 2 apresentados na Tabela 9 reforçam a ideia de que a experiência profissional foi significativa, uma vez que essa turma possui menos experiência do que a Turma 1 e obteve um índice de acertos menor.

A experiência dos estudantes com *softwares*, no que lhe concerne, seguiu o mesmo molde desde a Atividade 3, onde os participantes com menos conhecimento sobre operação do Ftool obtiveram um melhor aproveitamento. Outra vez, ter conhecimento prévio do *software* empregado não foi determinante para ter êxito na atividade, o que demonstra facilidade de uso e leitura por parte dos alunos. A visualização dos esforços na estrutura com o auxílio do programa mostrou-se, mais uma vez, como um componente importante das respostas, como escreveram os participantes:

Novamente mudança no diagrama de momentos. Nas sacadas será necessário armadura negativa devido ao momento -. Na parte central da

viga o momento é positivo (armadura +) e negativo no pilar central (Participante 17).

Os momentos fletores dos pilares e vigas diminuem, porém há o acréscimo de momentos das lajes da sacada. O somatório dos novos momentos praticamente se iguala ao somatório anterior (Participante 27).

Vai aumentar o momento cisalhante em todos os pilares, inclusive no meio. Positivo e negativo. Momento fletor diminui um pouco. Aparentemente as sacadas fizeram um “contra peso” (Participante 79).

Ao ponderar sobre o texto do Participante 79, percebe-se uma resposta bastante completa. Esse mesmo participante na folha de identificação reportou estar no primeiro semestre de Engenharia Civil, que nunca trabalhou na área e que nunca havia utilizado *softwares* de análise estrutural anteriormente. Além disso, deixou em branco as três questões do questionário prévio, demonstrando estar realmente em um estágio bastante inicial dos conhecimentos técnicos sobre seu curso. Contudo, esse estudante respondeu todas as atividades seguintes de maneira satisfatória, figurando entre os participantes da Turma 2 com o maior número geral de acertos. Destarte, as atividades realizadas na oficina parecem possuir uma linguagem acessível, demonstrada de maneira visual com o apoio da tecnologia digital de simulação.

Resultados como esse reforçam as ideias do uso de tecnologias em parceria com o desenvolvimento das atividades. Azevedo (1999) destaca que as tecnologias digitais tornam o aluno um participante mais ativo nos processos de aprendizagem, especialmente em simulações, onde seria impossível controlar todos os aspectos envolvidos na prática (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003). Por casos como o do Participante 79 que se ressalta o potencial das modelagens digitais, pois através delas a assimilação de conceitos altamente subjetivos, como no caso da mecânica estrutural, torna-se mais inteligível.

4.6 Questionário pós-oficina

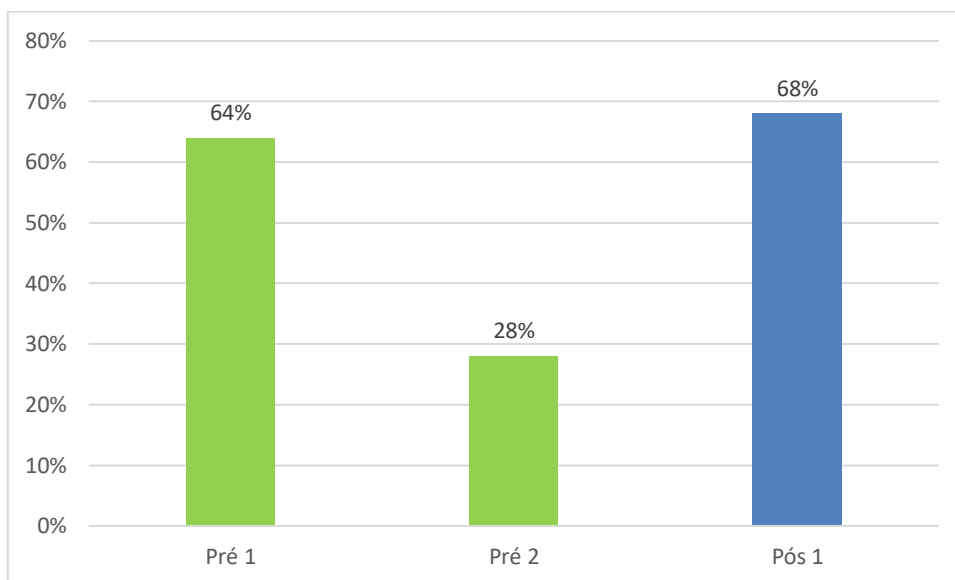
O questionário pós-oficina retoma as questões do questionário prévio e acrescenta uma pergunta inédita. As questões 1 e 2 desse questionário retomam identicamente as três questões pré-oficina, aceitando exatamente as mesmas

respostas, a fim de analisar de forma direta indícios de ampliação de conhecimento. A terceira questão, por outro lado, apresenta um projeto de armadura para uma viga fictícia e quatro alternativas para os possíveis momentos nessa viga, onde o estudante deveria escolher qual deles melhor representa o esforço que resultou nas armaduras desse projeto. Essa última questão, de forma genérica, abrange os temas visualizados nas demais atividades da oficina, como a geração de momentos positivos e negativos e onde eles ocorrem.

Essa análise, portanto, compara as questões prévias 1 e 2 com a questão posterior 1, e a questão prévia 3 com a questão posterior 2. Pode-se dizer que o número de acertos do questionário pós-oficina, de forma geral, aumentou em relação às respectivas questões do questionário pré-oficina. Credita-se esse aumento no número de acertos às atividades com objetivos bem definidos, algo relevante ao trabalhar com tecnologias digitais para que não ocorra o aprendizado do computador pelo computador (BARANAUSKAS *et al*, 1999). Ao responder todas as 5 atividades em parceria com o *software*, os estudantes tiveram de analisar o diagrama exibido pelo programa com a intenção de responder a uma pergunta, utilizando dele apenas como um meio para se obter o fim desejado (ROCHA 2008).

Apesar da significativa melhora, os participantes da primeira turma que erraram a questão pós-oficina 1, também erraram a primeira ou a segunda questão pré-oficina, com exceção do Participante 20, que havia respondido corretamente “*esforços de tração na parte superior*” na questão prévia 2, porém, respondeu “[...] e a negativa é para resistir à compressão quando ela ocorre na parte superior [...]” na primeira questão pós-oficina. Dos 8 alunos que responderam incorretamente essa pergunta, 4 responderam vagamente, e 4 insistiram em responder compressão. O Gráfico 4 apresenta uma comparação das respostas satisfatórias das duas primeiras perguntas do questionário prévio, em relação a sua pergunta equivalente no questionário final para a Turma 1.

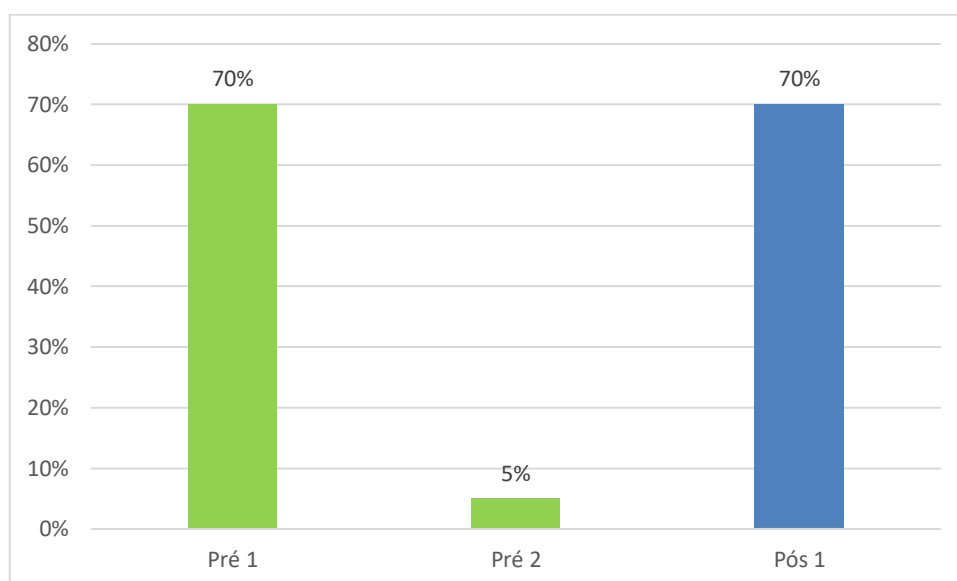
Gráfico 4 - Percentual de acerto das questões pré-oficina 1 e 2 e pós-oficina 1 da Turma 1



Fonte: do Autor (2019).

A Turma 2 apresentou uma melhora ainda mais drástica no questionário pós-oficina. A taxa de acerto para a Questão 1 foi de 70%, o que apresenta uma significativa melhora em relação aos 5% de sucesso da Questão 2 do questionário prévio. O Gráfico 5 retoma os dados das questões pré-oficina 1 e 2 e os justapõem aos da questão pós-oficina 1 da Turma 2. Assim como na outra turma, os participantes da Turma 2 que erraram a questão responderam de forma bastante vaga ou responderam novamente “compressão”.

Gráfico 5 - Percentual de acerto das questões pré-oficina 1 e 2 e pós-oficina 1 da Turma 2



Fonte: do Autor (2019).

A principal diferença foi percebida no que concerne à função da armadura negativa, ponto de muitas dúvidas no primeiro encontro. As respostas registradas distinguem muito bem as diferenças entre os momentos positivos e negativos, além de por vezes citarem a tração em função da flexão. Dessa forma, nota-se melhora nas respostas da primeira questão do questionário pós-oficina em relação a segunda pergunta do questionário prévio.

A Questão 2 pós-oficina, que abarca a utilidade da armadura transversal ou estribos, também apresentou uma melhora em relação ao questionário prévio, representada pela Questão 3 pré-oficina. Na Turma 1, a diferença foi de 12% para mais e, assim como na Questão 1, dos 11 participantes que erraram, 9 deles também erraram essa questão no questionário pré-oficina. Os dois estudantes que antes acertaram e agora erraram, parecem desconhecer o termo estribo, já que na questão pós-oficina não aparece o termo técnico armadura transversal, assim, deram respostas bastante vagas em relação a sua função. A baixa variação no número de acertos era esperada pelo pesquisador, uma vez que a ênfase da oficina era na armadura longitudinal, e não na armadura transversal.

A Turma 2, por outro lado, apresentou um aumento significativo no número de respostas corretas em relação a essas duas questões. Na questão prévia 3, os estudantes dessa turma tiveram apenas 25% de acertos, mas, na questão 2 pós-oficina, esse índice subiu para 75%. Apesar de ser pouco explorada, a armadura transversal foi apresentada e definida sua importância. Assim, acredita-se que os estudantes dessa turma, por serem de semestre bastante iniciais, desconheciam até o início da oficina essa região da viga. Dos cinco participantes dessa turma que erraram essa questão, três deles também erraram a Questão 3 pré-oficina, e dois deles acertaram. O caso desses dois, dos participantes 66 e 62, é abordado especificamente a seguir.

Por fim, a terceira e última questão pós-oficina apresenta um alto índice de acertos para ambas as turmas. Na primeira turma somente um participante não marcou a alternativa correta, correspondendo então a 96% de acertos, e na Turma 2 75% dos participantes assinalaram corretamente. Dos 5 estudantes da segunda turma que apontaram a opção incorreta, todos eles também erraram a questão pós-oficina 1, e 4 desses também erraram a questão pós-oficina 2. Apoiado nisso, tem-se que foram praticamente os mesmos participantes da Turma 2 que erraram todas as questões do último questionário.

Além disso, nota-se também que desses seis estudantes que erraram essa última questão, apenas o Participante 66 cursou duas disciplinas, 4 cursaram uma disciplina e 1 ainda não cursou nenhuma. O Participante 66, estudante de Arquitetura e Urbanismo, cursou Fundamentos das Estruturas I e II e respondeu corretamente as Atividades 2, 3 e 4, além das questões 1 e 3 pré-oficina, contudo, no momento de responder o último questionário, redigiu respostas vagas e assinalou a alternativa incorreta. O Participante 62 seguiu esse mesmo caminho, respondendo corretamente todas as cinco atividades, além das perguntas 1 e 3 do questionário prévio, cursando o sétimo semestre de Engenharia Civil e Fundamentos das Estruturas, mas respondendo erroneamente todas as três questões pós-oficina.

Essa pesquisa carece de dados para explorar esse acontecimento, visto que a identidade desses participantes é desconhecida. Contudo, esses dois estudantes representam uma amostra pequena do todo, uma vez que 24 participantes

acertaram todas as questões do último questionário. Portanto, conclui-se a partir dos dados do questionário pós-oficina, um bom indício de ampliação de conhecimento, pois a maioria dos alunos gabaritou as últimas três questões.

Uma última comparação entre os questionários pré e pós-oficina ainda denota um vestígio motivacional dos participantes. No questionário prévio, algumas questões foram deixadas em branco ou foram respondidas por diversos participantes como “não sei”. O mesmo não ocorreu no questionário final, onde todos os participantes, sem exceções, sentiram-se confiantes a ponto de redigir sua resposta. O fator motivacional é evidenciado por esse fato, corroborando com as ideias apresentadas por Bordin e Bazzo (2017), Silva, Alencar e Cavancante (2017) e Lopes, Miranda e Ribeiro (2017), que comentam sobre a importância de métodos inovadores e menos lineares, aqui apresentados pela utilização do *software* Ftool.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho explorou uma sequência de atividades abordando conceitos básicos de mecânica estrutural, com enfoque nas reações em função da morfologia e carga em estruturas. Tais atividades foram previstas para serem praticadas por estudantes de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo, preferencialmente em conjunto com as disciplinas voltadas para essa área. Como aporte a essas atividades, foi utilizado o *software* educacional Ftool, a fim de proporcionar uma melhor transposição da estrutura real para um modelo estrutural. Assim, essa lista de atividades foi elaborada alinhada ao primeiro objetivo específico desta pesquisa, tal seja, utilizar de uma ferramenta de simulação visual com a finalidade de abordar conceitos pertinentes de mecânica estrutural de forma mais compreensível.

Essa transposição de modelos reais para estruturais e analíticos, descrita por Martha (2000), representa o primeiro degrau do processamento dos dados. Para isso, compreender os elementos que formam uma viga de concreto armado é essencial, bem como distinguir os esforços solicitantes. Essa compreensão se apresentou pouco presente, principalmente em estudantes dos semestres iniciais. Ao analisar o questionário pré-oficina, percebeu-se que os alunos dos primeiros semestres não possuíam familiaridade com os termos fundamentais a serem abordados durante a oficina, o que possivelmente atravancaria sua participação.

Depois de recolhido o questionário pré-oficina, foi estabelecida uma relação entre essas palavras-chave e a realidade prática da construção civil. Durante a montagem do sistema estrutural em conjunto com a turma, o pesquisador fez a transposição do modelo real para o modelo estrutural no Ftool, ao passo que

apresentava como a representação analítica digital estava relacionada com os assuntos práticos da vivência de um engenheiro ou arquiteto. Assim, ao permear o segundo objetivo específico desta pesquisa, notou-se que para a maioria dos estudantes de semestres iniciais ocorre uma dificuldade na transferência do modelo real para o estrutural, em virtude dessa deficiência de conceitos.

Apesar disso, o desenvolvimento das atividades transcorreu de forma satisfatória para esses alunos. Uma vez que a simulação digital foi construída a partir de um projeto real, esses discentes constituíram uma ligação direta entre a teoria e a realidade. Dessa forma, mesmo inicialmente não tendo familiaridade com os conceitos e generalidades das estruturas, muitos participantes de nível inicial redigiram respostas satisfatórias para as demais atividades. Tal acontecimento demonstrou a importância do segundo objetivo específico da pesquisa, uma vez que a relação com a prática nem sempre fica clara durante uma abordagem teórica em uma disciplina. Portanto, ao relacionar a teoria e a prática, é considerável que essa relação seja interposta por um *software* de simulação, como nesse caso, o Ftool.

Os alunos cursando semestres avançados, por sua vez, apresentaram um crescimento gradativo em relação a suas respostas, conforme sua maior experiência acadêmica. Os dados das atividades mostraram que um fator que contribuiu para respostas mais completas foi o participante estar mais adiantado em sua graduação, o que normalmente resulta em mais disciplinas relevantes para a oficina cursadas. Os estudantes que atingiram as melhores marcas, acertando nove das dez questões propostas, todos eles já cursaram ou estavam cursando a disciplina de Concreto Armado II, a mais avançada de estruturas da Engenharia Civil. Dessa forma, a maior experiência acadêmica prévia parece ter contribuído para um melhor desempenho por parte dos alunos, confirmando uma das hipóteses previstas no terceiro objetivo específico desta pesquisa.

O objetivo específico III, apresentado no primeiro capítulo, busca elencar a experiência prévia à oficina de cada participante e sua influência nas respostas. Conforme supracitado, hipoteticamente, um participante mais experiente deveria apresentar respostas mais completas durante a realização das atividades e, de fato, isso aconteceu com os estudantes dos semestres finais. Contudo, ao comparar o

tempo de experiência profissional na área de construção civil com a acurácia de suas respostas, tal relação não ocorreu de maneira proporcional.

Assim, a experiência profissional individual dos participantes não parece ter tido influência no descrever de suas respostas. Ao analisar os dados das atividades, percebeu-se que, na maioria dos casos, a experiência profissional estava distribuída de forma uniforme entre as respostas consideradas corretas e incorretas. Ademais, houve casos onde os participantes mais experientes profissionalmente não obtiveram êxito, contribuindo para que a média de meses de experiência de quem errou essas atividades fosse maior do que a de quem acertou. Dessarte, o que inicialmente se esperava que fosse um fator relevante, não houve indícios que a experiência profissional prévia contribuiu para respostas mais completas.

Da mesma maneira, conhecer o *software* trabalhado de antemão não parece ter contribuído para os participantes obterem melhores resultados. As argumentações consideradas satisfatórias, em sua maioria, foram elaboradas por estudantes com pouco ou nenhum conhecimento sobre o Ftool. Desse modo, as respostas que atingiram os objetivos de três atividades foram elaboradas por alunos com menor experiência média com esse *software*. Assim sendo, os dados levantados pela pesquisa contrariaram uma parte a hipótese levantada inicialmente pelo objetivo específico III, mostrando que apenas a experiência acadêmica apresentou potencial de melhora no desempenho das atividades, enquanto as experiências profissionais e com o *software* tiveram pouco ou nenhum impacto.

Os dados que apontam não ser significativa a experiência prévia com o *software*, entretanto, traz à tona um fator positivo em relação ao seu potencial educacional. Os programas educacionais, idealmente, devem ser de fácil operação e assimilação para que se invista o mínimo de tempo possível para aprender o *software* e seja aproveitado ao máximo o aprendizado com o *software*. Assim, ao analisar as respostas de alunos que relataram nunca ter utilizado o Ftool, percebeu-se que esses estudantes se utilizaram do programa como um meio de elaborar suas conjecturas, apresentando o primeiro indício de ampliação de conhecimento.

O objetivo específico IV desta pesquisa, por sua vez, abarca a análise desses indícios de ampliação de conhecimento. A principal ferramenta utilizada nessa investigação foi o questionário pós-oficina, que retomava os tópicos abordados durante a oficina, de forma análoga ao questionário prévio. Como esses questionários exigiam uma resposta discursiva, assim como todas as atividades, pode-se verificar um esclarecimento de conceitos, principalmente no que tange aos elementos que compõem uma viga e os esforços na estrutura. Em vista disso e do alto índice de acertos do questionário pós-oficina, não seria ousado dizer que, sensivelmente, ocorreram indícios de ampliação desses conhecimentos.

O relato de um participante da segunda turma, registrado em diário de bordo, corrobora para essa conclusão. Ao término da oficina, antes de sair do laboratório de informática, esse estudante se aproxima do pesquisador e fala “[...] *eu achei que tu iria só falar sobre o Ftool na aula, mas foi muito mais legal. Na verdade, tu explicou um monte sobre estruturas e só usou o programa pra mostrar o que tu tava falando*”. Essa fala ilustra o que diz Albach (2014), que devemos nos concentrar nos resultados pedagógicos que podem ser obtidos através da utilização de um *software* e não no ensino do programa em si.

A partir dessa discussão, retoma-se o problema inicial da pesquisa, que indaga como *softwares* de simulação podem ajudar os estudantes a visualizar ou prever o comportamento das forças em uma estrutura. A interação gráfica permitida pelo programa, ao que indicam os resultados, permitiu uma melhor transposição entre o modelo real e o estrutural, de maneira intuitiva. Nessa abordagem, o programa vira um meio ao qual o objetivo final se alicerça, ou seja, através da utilização do *software* é possível criar, de uma forma visual, os objetivos pretendidos. Portanto, os programas de simulação auxiliam, principalmente, na organização das ideias através da visualização gráfica dos resultados.

Por fim, a investigação de como os *softwares* podem contribuir para o ensino de estruturas, leva a crer que a modelagem de um sistema cujos parâmetros podem ser atualizados e reanalisados, amplia os horizontes de possibilidades que podem ser atingidas. Essa prática não se torna inviável manualmente, mas os resultados obtidos através do cálculo tradicional no papel não levam ao estudante a confiança e

a facilidade de manipulação dos dados digitalmente. Consequentemente, os *softwares* de simulação permitem, através de um rápido rearranjo dos dados e a reanálise de seus resultados, reafirmar o significado e clarear, ao que indicam os dados da pesquisa, os conceitos básicos abordados durante o manuseio do programa.

Dessa forma, abrem-se possibilidades para futuras pesquisas e aprofundamentos nessa área. O escopo dos assuntos abordados pode ser ampliado, de maneira a englobar também debates sobre outros esforços, como as forças cisalhantes ou as forças normais em sistemas estruturais. Outrossim, essas temáticas podem ser levantadas utilizando as mesmas atividades discutidas neste trabalho, apenas ampliando o tempo de duração da oficina ou, se debatidas durante uma disciplina, utilizando mais horas-aula.

Além dos temas específicos envolvendo estruturas, as potencialidades do desenvolvimento da escrita por parte dos estudantes se apresentaram relevantes. À medida que progrediam as atividades, notou-se a participação crescente por parte dos estudantes, de modo que ao término da oficina, as respostas dos últimos questionários eram mais longas e embasadas. Dessa maneira, percebeu-se alunos mais motivados a participar e mais confiantes de seus conhecimentos acerca dos questionamentos. Portanto, ao passo que esta pesquisa se encerra compreende-se que ela ainda não chegou ao fim, possibilitando ainda o aperfeiçoamento em diversos outros campos além da mecânica estrutural.

REFERÊNCIAS

ADAMS, Douglas. **O Guia do Mochileiro das Galáxias**. Rio de Janeiro: Sextante, 2010.

ALBACH, Juliana Santos. Os usos que os jovens fazem da Internet: Relações com a escola. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 8, n. 2, p. 138-159, 2014.

ALIS. **Ftool**: um programa gráfico-interativo para ensino de comportamento das estruturas. 2005. Disponível em: <<https://www.alis-sol.com.br/ftool/>>. Acesso em: 5 novembro 2018.

ALTOÉ, Anari. O desenvolvimento da informática aplicada no Brasil. In: ALTOÉ, Anair; COSTA, Maria Luisa Furlan; TERUYA, Tereza Kazuko (Orgs.). **Educação e novas tecnologias**. Maringá: EDUEM, 2005. p. 15-16. (Formação de Professores – EAD n.16).

ANDRADE, P. F. Aprender por Projetos, Formar Educadores. In: VALENTE, José. Armando. **Formação de Educadores Para o uso da Informática na Escola**. Campinas, São Paulo: Unicamp/NIED; Ed. Emopi, 2003. p. 58-66.

AVELAR, Andrea de F. et al. Aplicativo de monitoria online - Say It. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...**. Joinville: Udesc/unisociesc, 2017.

AZEVEDO, S. L. **Desenvolvimento de um protótipo de sistema especialista para escolha do tipo de fundações**. 1999. 300 f. Tese (Doutorado PPGE) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

AZEVEDO, Á. F. M. A utilização de software comercial no ensino universitário. In: CONGRESSO NACIONAL DE MECÂNICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 6., 2000, Aveiro, Portugal. **Anais...** Aveiro: Universidade de Aveiro, 2000. Disponível em: <http://civil.fe.up.pt/pub/people/alvaro/pdf/2000_Mec_Comp_Utiliz_Soft.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2019.

BAGNO, Marcos. **Pesquisa na Escola o que é, como se faz**. 21 ed. São Paulo: Loyola, 2007.

BALIEIRO, Lucas Tarlau; PEDREIRO, Marcelo Rodrigo de Matos; RACANICCHI, Roberto. Automação dos processos de verificação de perfis de aço laminado solicitados à flexão normal simples e axialmente conforme critérios da ABNT NBR 8800:2008. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** Joinville: Udesc/unisociesc, 2017.

BARANAUSKAS, Maria Cecília Calani. et al. Uma Taxonomia para Ambientes de Aprendizado. In: VALENTE, José Armando (Org). **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas-SP: UNICAMP/NIED, 1999.

BORBA, Marcelo de Carvalho; ARAÚJO, Jussara de Loiola. (org.). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2013.

BORDIN, Leandro; BAZZO, Walter Antonio. Reflexões acerca da interface de um site educativo de apoio ao processo de ensino-aprendizagem na engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** Joinville: Udesc/unisociesc, 2017.

BORTONI-RICARDO, Stella Maris. **O professor pesquisador: introdução à pesquisa qualitativa**. – São Paulo: Parábola Editorial, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CES 11**, de 11 de março de 2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 abr. 2002. Seção 1, p. 32. Disponível em:

<<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução Nº 2**, de 17 de junho de 2010. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 jun. 2010. Seção 1, p. 37-38. Disponível em:
<http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=5651-rces002-10&Itemid=30192>

CASTRO, E. S. J. **Relacionamentos interpessoais**. Disponível em:
<www.cmbh.mg.gov.br/sites/.../apostila_relacionamentos_interpessoais.doc>. 2011. Acesso em: 18 de outubro 2018.

CASTRO, Valdeni. **Ensino por investigação na realidade da educação básica**. Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, n.4, 2016.

CARDOSO, Marcelo R.; CUNHA, Rogério A. F.; OLIVEIRA, Salete Souza de. elaboração de um tutorial do SAP 2000 v.18 para análise estrutural de um pórtico 3d de concreto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** . Joinville: Udesc/unisociesc, 2017.

CARNEIRO, Anselmo Leal. **Análise e dimensionamento de lajes lisas protendidas sem aderência**. 2015. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil do, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

CAVALCANTE, Ariany França et al. Análise sobre o ensino utilizando ferramentas de simulação no curso de engenharia civil da universidade federal de alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** . Joinville: Udesc/unisociesc, 2017. p. 1 - 10.

CHECCUCCI, E. **Ensino-Aprendizagem de BIM nos Cursos de Graduação em Engenharia Civil e o Papel da Expressão Gráfica Neste Contexto**. Salvador, 2014. 235f. Tese (Doutorado Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do

Conhecimento) – Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2014.

DALFRÉ, Gláucia Maria et al. A plataforma open-source Arduíno e suas aplicações na engenharia civil para monitoramento de temperatura e umidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** . Joinville: Udesc/unisociesc, 2017.

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. Campinas: Autores Associados, 1996.

DEMO, Pedro. **Pesquisa e construção de conhecimento**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1997b.

DULLIUS, M, Maria; KRISTINER, Isabel; QUARTIERI, T, Marli. (Orgs). **Explorando a Matemática Com Aplicativos Computacionais**: Anos Finais do Ensino Fundamental. 1. Ed. Lajeado: Editora Univates, 2014. p. 9-20.

FEY, Ademar Felipe. A linguagem na interação professor-aluno na era digital: considerações teóricas. In: **Revista Tecnologias na Educação**, ano 3, n.1, jul. 2011.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 3, Setembro, 2003, p. 259-272.

FLORIDO, Mayara Calvi; POLONINI, Malena Monteiro Debona; TOSTA, Joice Paiva. Análise para inserção dos preceitos BIM nas grades curriculares de cursos de engenharia civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** . Joinville: Udesc/unisociesc, 2017.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**, 9ª ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2003.

GALIAZZI, Maria do Carmo; MORAES, Roque. Educação pela pesquisa como modo, tempo e espaço de qualificação da formação de professores de ciências. **Ciência & Educação (bauru)**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.237-252, 2002. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-73132002000200008>.

GHIDETTI, Rafael Segatto. **Modelagem de estrutura metálica para equipamento de perfuração e sondagem**. 2018. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Construção Metálica, Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GONÇALVES, C. A.; MEIRELLES, A. M. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2004.

JONASSEN, D. H. **Computadores, Ferramentas Cognitivas**: desenvolver o pensamento crítico nas escolas. Portugal: Porto Editora, 2007.

KAFFER, L. F.; MARTHA, L. F.; BITTERN COURT, T.N.. FTOOL: Ensino de comportamento das estruturas com múltiplos casos e combinações de carregamento. **Anais**. IV SIMMEC – Simpósio Mineiro de Mecânica Computacional, Uberlândia, MG, p. 305-12, mais. 2000.

LEITE, Bruno Silva. **Tecnologias no ensino de química**: teoria e prática na formação docente/ - 1. ed. – Curitiba, Appris, 2015.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

LOPES, Alexandre Freire de Sá; MIRANDA, Silvia Camargo Fernandes; RIBEIRO, Denise Maria da Silva. Metodologia motivacional nos meios de ensino/aprendizagem de projeto de infraestrutura viária no curso de engenharia civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...**. Joinville: Udesc/unisociesc, 2017

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A.. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. [2. ed]. – [Reimpr.]. - Rio de Janeiro: E.P.U., 2017.

LUNGISANSILU, Rodrigue Totolo. **Análise de fissuras em vigas de concreto armado em considerações da NBR 6118 / 2014**. 2018. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

MARLIN. **O Ftool em ação**. Disponível em: <<https://www.ftool.com.br/Ftool/>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

MARQUES, A. C.; CAETANO, J. da S. Utilização da Informática na Escola In: Mercado, L. P. L. (Org.). **Novas tecnologias na educação**: reflexões sobre a prática. Maceió: EDUFAL, 2002.

MARTHA, Luiz Fernando. **Métodos básicos da análise de estruturas**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2000.

MASCARENHAS, Fernando Júnior Resende; DIAS, Viviane Cristina; BONALDO, Everaldo. Impactos da utilização dos softwares no processo de ensino-aprendizagem na disciplina de teoria de estruturas na PUC Minas Barreiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...**. Joinville: Udesc/unisociesc, 2017.

MATTOS, Elenir Maria Andreolla; CASTANHA, André Paulo. **A importância da pesquisa escolar para a construção do conhecimento do aluno no ensino fundamental**. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2525-8.pdf>>. Acesso em: 19 oct. 2018.

MORAN, José Manuel. Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias audiovisuais e telemáticas. In: MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 13. ed. Campinas, SP: Papirus, 2007.

MOTA, Gisele Machado. **Previsão do comportamento de escavação atirantada a partir de um modelo numérico de elemento de barra**. 2017. 168 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Programa Interunidades, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2017.

NAGY, M. C.; BURIASCO, R. L. C. A análise da produção escrita em matemática: possível contribuição. In: BURIASCO, R. L. C. (Org.). **Avaliação e educação matemática**. Recife: SBEM, 2008.

NOVAK, Silvestre. **O problema da interação na era da aprendizagem autônoma**: pressupostos epistemológicos da educação a distância na perspectiva construtivista. 2005. 294 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Educação, Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

POLIT DF; HUNGLERT B. Fundamentos de pesquisa em enfermagem. 3ª.ed. Porto Alegre: Artes Médicas; 1995.

PORLÁN, R. La formación inicial de maestros en Didáctica de las Ciencias. **Investigación en la Escuela**, n. 35, p. 33-42, 1998.

PRENSKY, M. **Digital Natives, Digital Immigrants**. v. 9, n. 5, oct. 2001. Disponível em <<http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>> Acesso em: 22 março 2018.

PRENSKY, M. Do they really think differently? **On the horizon**, United Kingdom, v.9, n. 6, p. 1–9, 2001b.

ROCHA, Sinara Socorro Duarte. **O uso do Computador na Educação**: a Informática Educativa. Revista Espaço Acadêmico, v. 8, n. 85, 2008. Disponível em: < <https://www.espacoacademico.com.br/085/85rocha.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2018.

SILVA, Alexandre Feitosa; ALENCAR; Cely Martins Santos de; CAVANCANTE, Antonio Paulo de H.. Uma estratégia pedagógica integradora no ensino da disciplina de desenho para engenharia da universidade federal do Ceará. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** . Joinville: Udesc/unisociesc, 2017.

SILVA, M.; CLARO, T. A docência online e a pedagogia da transmissão. **Boletim Técnico do Senac**, [S.l.] v. 33, n. 2, p. 81–89, 2007.

SILVA, M. L.(Org.). **Novas Tecnologias: Educação e Sociedade na Era da Informação**. Belo Horizonte, MG: Ed. Autêntica, 2008.

SILVEIRA, M. A. Planificação de conteúdos e de problemas: um ensaio sobre a didática do conceito de estabilidade. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v.22, n. 1, p. 33-48, jun. 2003.

SÜSSEKIND, José Carlos. **Curso de análise estrutural**. 6. ed. Porto Alegre - Rio de Janeiro: Globo, 1981

TARTUCE, T. J. A. **Métodos de pesquisa**. Fortaleza: UNICE – Ensino Superior, 2006. Apostila.

TEDESCO, Juan Carlos (Org.). **Educação e novas tecnologias: esperança ou incerteza?** São Paulo: Cortez, 2004

TRAGTENBERG, Mauricio. **Sobre Educação, Política e Sindicalismo**. 2. ed. São Paulo: Editores Associados, 1990.

VALENTE, José Armando. **O Computador na sociedade do conhecimento**. Campinas-SP: UNICAMP/NIED, 1999.

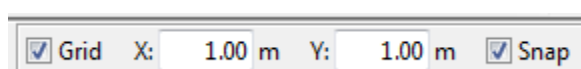
VICINGUERA, M. L. F.; **O Uso do Computador Auxiliando no Ensino de Química**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 18 dez. 2002. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/83224>>. Acesso em 06 out. 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Guia de ferramentas Ftool

CRIAÇÃO DE DIAGRAMAS BIDIMENSIONAIS: passos a serem desenvolvidos em conjunto com a turma para a construção do diagrama.

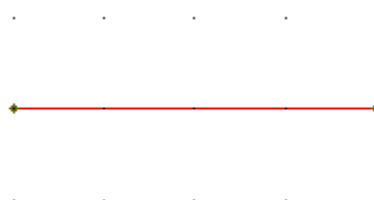
1º) Após a abertura do programa, ativar os botões “Grid” e Snap”, no canto inferior direito da tela inicial. Caso os valores de X e Y não sejam 1.0, ajustar para esse valor. A distância entre cada ponto agora representa 1,0 m. Se preferir, use o teclado para inserir os valores ao invés de usar o “Snap”.



2º) Na barra de ferramentas na esquerda da tela inicial, selecionar a ferramenta “Insert node”. Criar um ponto em um lugar qualquer da tela, e em seguida, criar outro ponto a 4,0 m de distância horizontal, para qualquer lado.

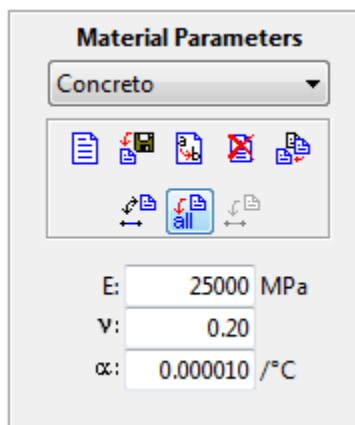


3º) Na barra de ferramentas na esquerda da tela inicial, selecionar a ferramenta “Insert member”. Clicar então no primeiro ponto criado e liga-lo com o segundo ponto. Uma barra entre eles irá se formar.

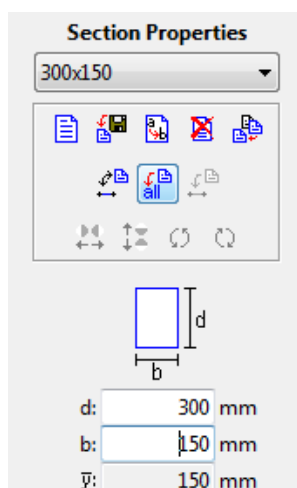


4º) Na barra de ferramentas superior, clique no primeiro ícone, “Material parameters”. Na lateral direita da tela, agora aparecerão as propriedades configuradas dos materiais. Como não há nenhum material criado ainda, clica-se em “Create new material parameters”. Escreva um nome, como “Concreto”, e no campo

“Material type” selecione “Concrete Isotropic”. Ao terminar, clique em “Done”. Clique então em “apply current material to all members” e sempre que inserir novas barras, o botão deverá ser novamente pressionado.

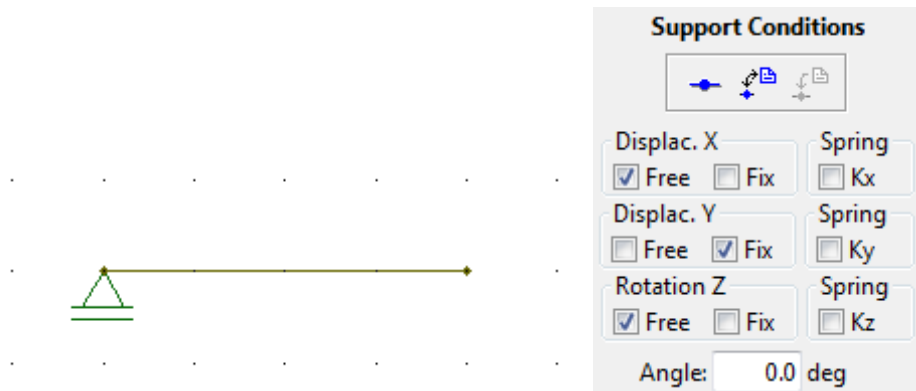


5º) Na barra de ferramentas superior, clique no segundo ícone, “Section properties”. Assim como anteriormente, deve-se criar uma nova propriedade para a seção, clicando em “Create new section parameters”, no menu na direita da tela. Escolha um nome, como “300x150”, e no campo “Section type” selecione “Rectangle” então clique em “Done”. Nos campos abaixo, preencha o campo “d:” com 300 e o campo “b:” com 150. Clique então em “apply current section to all members” e sempre que inserir novas barras, o botão deverá ser novamente pressionado.

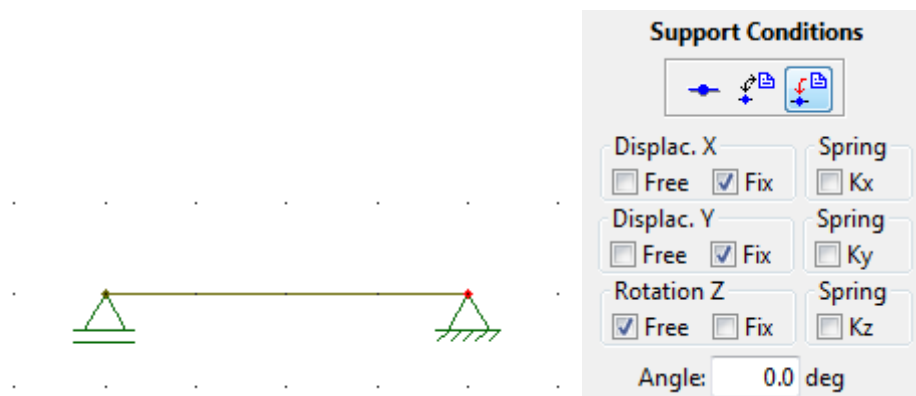


6º) Na barra de ferramentas superior, clique no terceiro ícone, “Support conditions”. Na lateral direita da tela, agora aparecerão as configurações dos apoios. Inicialmente, todas opções estão marcadas com “Free”, representando que os

vínculos não possuem nenhuma restrição. Em “Displac.Y” marque a opção “Fix”. Selecione um dos nós inseridos no passo 2 e então clique em “Apply support conditions to selected nodes”, na lateral direita. Um símbolo de apoio de primeira ordem deverá aparecer na nesse nó.

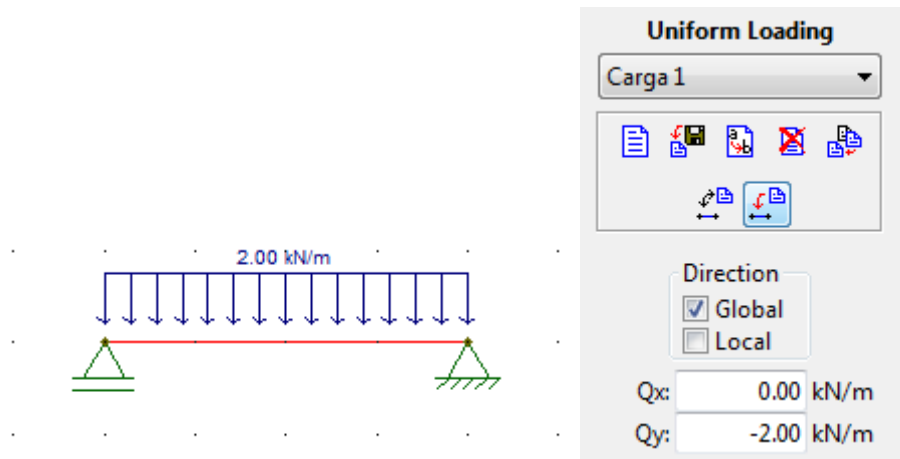


7º) Ainda na ferramenta “Support conditions”, na lateral direita da tela, agora marque as opções “Displac.X” e “Displac.Y” em “Fix”. Selecione o outro nó inserido no passo 2 e então clique em “Apply support conditions to selected nodes”. Um símbolo de apoio de segunda ordem deverá aparecer na nesse nó.

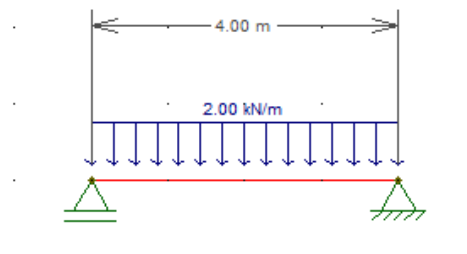


8º) Neste momento, já está configurada uma viga biapoiada simples. Para adicionar as cargas uniformes, vá na barra de ferramentas superior e clique no oitavo ícone, “Uniform load”. Na lateral direita da tela, agora aparecerão as configurações de carga. Para cada valor de carga desejado, deverá ser criada uma carga nova. Para isso, clique em “Create new uniform load” no menu da direita e coloque o nome desejado no campo “new label”, como por exemplo, Carga 1. No campo Q_y , digite o valor desejado, nesse exemplo “-20”. Os sinais “+” e “-” indicam a direção da carga.

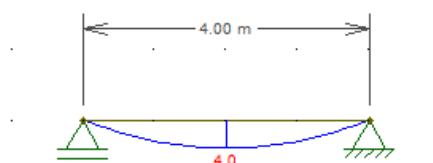
Clique na barra inserida no passo número 3 e em seguida clique em “apply uniform load to selected members”.



9º) No menu da esquerda, clique no quarto ícone de cima para baixo, “insert dimension line”. Essa ferramenta permite criar linhas de cota. Clique então no primeiro apoio e posteriormente clique no outro apoio para criar uma cota indicativa do vão da estrutura. Posicione-a acima ou abaixo do desenho da viga.



10º) Para calcular os esforços solicitantes, basta agora clicar nas opções no menu que se encontra no canto superior direito. Para esse exercício, usaremos apenas o momento fletor. Clique em “bending moment” para exibi-lo. O programa pedirá para salvar o arquivo antes do cálculo.



APÊNDICE B – Questionários e Atividades

Participante número: _____

Curso: Arquitetura e Urbanismo () Engenharia Civil () Semestre: _____

Disciplina de estruturas cursadas ou que está cursando:

ARQUITETURA E URBANISMO

Fundamentos das Estruturas I ()
 Fundamentos das Estruturas II ()
 Análise das Estruturas ()
 Estruturas de Concreto Armado I ()
 Estruturas de Concreto Armado II ()
 Estruturas especiais e Mistas ()
 _____ ()
 _____ ()
 _____ ()

ENGENHARIA CIVIL

Mecânica Estrutural I ()
 Mecânica Estrutural II ()
 Mecânica Estrutural III ()
 Estruturas de Concreto Armado I ()
 Estruturas de Concreto Armado II ()
 Projeto Estrutural de Edificações ()
 _____ ()
 _____ ()
 _____ ()

Trabalha ou já trabalhou na área de construção civil? Sim () Não (). Se sim, por quanto tempo? _____

Já utilizou softwares de análise estrutural? Sim () Não (). Se sim, quais? E por quanto tempo? _____

Questões pré-oficina

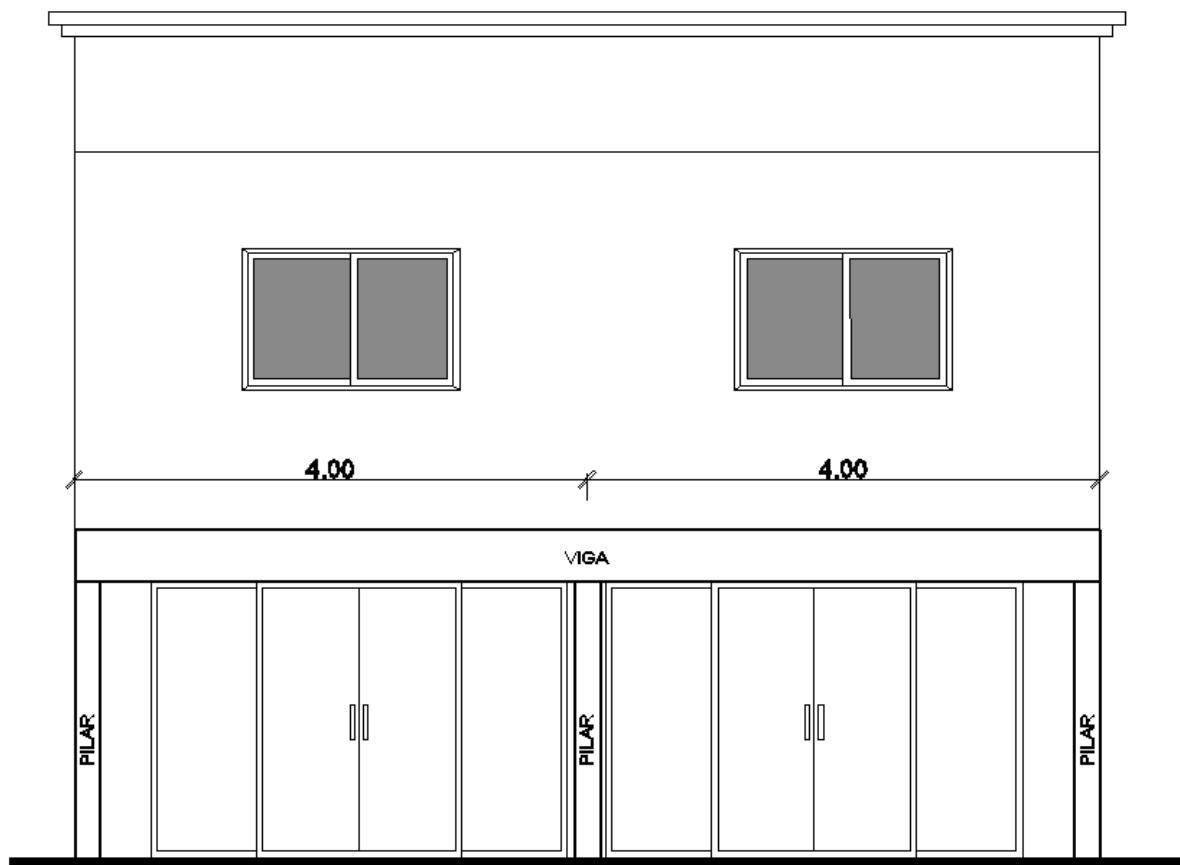
1) Qual o principal esforço resistido pelas barras de aço longitudinais positivas?

2) Qual o principal esforço resistido pelas barras de aço longitudinais negativas?

3) Qual o principal esforço resistido pela armadura transversal (estribos)?

ATIVIDADE 1 – A Construção do diagrama

Você é o responsável técnico pela execução de uma estrutura, uma viga sobre as vitrines de uma loja, conforme indicada no projeto abaixo. Monte o diagrama de esforços dessa viga no programa Ftool conforme as medidas apresentadas.



Fachada

Fonte: do Autor (2019).

Considere uma carga contínua de $-20,0\text{KN/m}$ (peso próprio + lajes + paredes) atuando na viga. Configure os parâmetros do *software* da seguinte maneira:

- Material parameters: Concrete isotropic;
- Section properties: rectangle, $d:300\text{ mm}$ / $b:150\text{ mm}$;
- Support conditions: deve possuir um apoio de segunda ordem e dois apoios de primeira ordem.

ATIVIDADE 2 – A montagem da viga

Participante número:_____

Você então é chamado à obra para verificar a montagem dessa viga. Durante a escolha das barras de aço a serem utilizadas, o proprietário da obra se aproxima e fala: “um amigo meu falou que a ferragem na parte de cima da viga não serve pra nada. Nós podíamos colocar umas barras mais finas na parte de cima pra economizar. O que você acha?”. Baseado nos momentos fletores de seu diagrama de esforços, o que você responderia?

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ATIVIDADE 3 – O terceiro pavimento

Participante número:_____

Convencido de sua argumentação, afinal você é um grande responsável técnico, o dono da obra se sente confiante e lhe faz outra proposição: “estive pensando melhor e eu gostaria de construir um terceiro andar, igual a esse segundo. Muda muito a estrutura?”. Atualize a carga de seu diagrama de esforços, para o dobro da carga inicial. Explique para o proprietário o que acontece com os momentos fletores quando a carga é dobrada.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are approximately 20 lines visible. The paper has a slight shadow on its right side, suggesting it's resting on a surface.

ATIVIDADE 4 – O pilar central

Participante número:_____

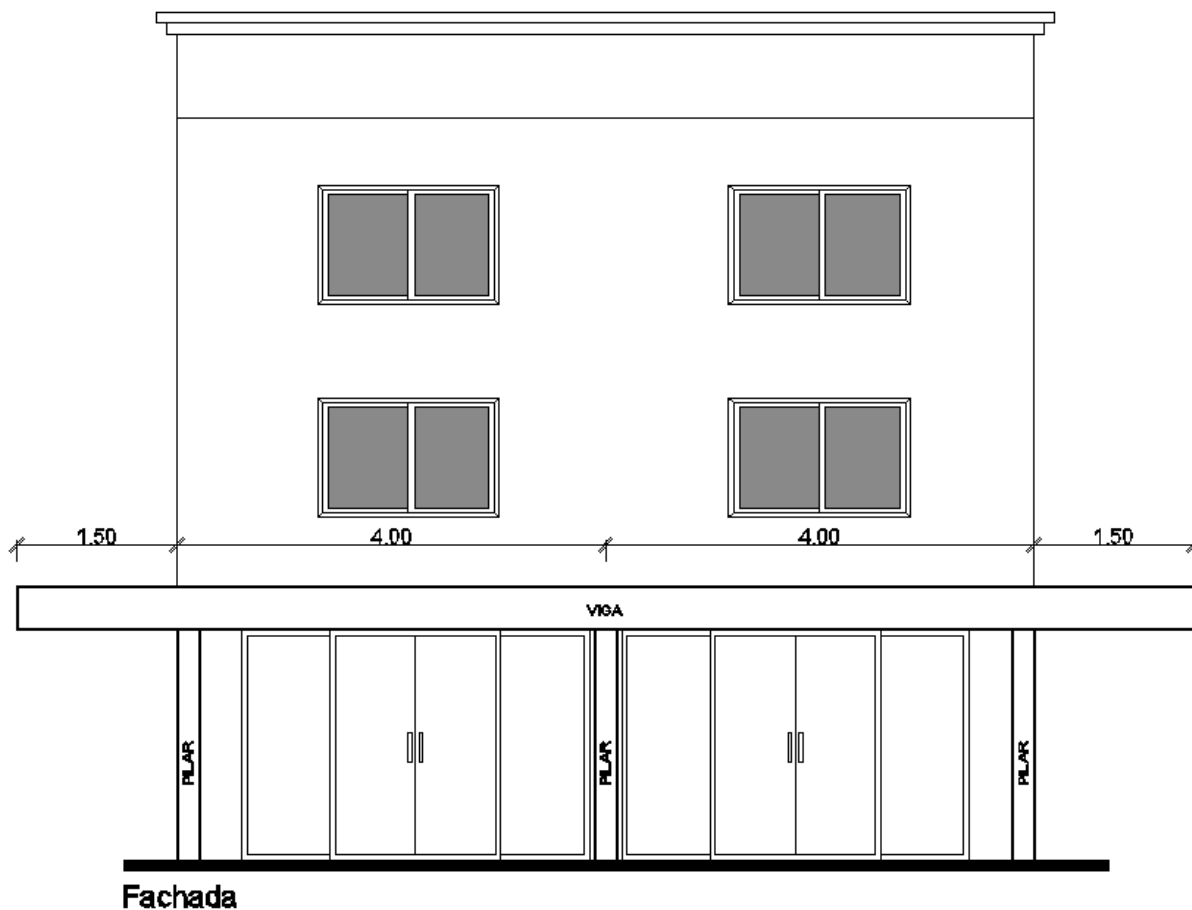
O proprietário está abismado com seus conhecimentos sobre estruturas, tanto, que tem uma ideia ainda mais ousada: “eu estou com vontade de fazer uma vitrine inteira, sem esse pilar do meio. Não deve ser muito diferente de colocar um andar a mais em cima, né? Não deve piorar tanto assim.”. Atualize seu diagrama de esforços e remova o apoio central, mantendo a mesma carga Atividade 3. A partir dos novos resultados, o que você responderia ao homem?

[illegible]

ATIVIDADE 5 – A sacada

Participante número: _____

Seguro que remover o pilar central da estrutura seria inadequado, seu cliente opta por voltar atrás mantê-lo. Porém, não se dando por vencido, decide fazer uma última alteração: “não quero complicar a tua vida, mas daria pra fazer uma sacada de um metro e meio pra cada lado do prédio?”. Monte um novo diagrama conforme a fachada abaixo, no mesmo arquivo, utilizando os mesmos parâmetros de configuração que anteriormente.



Fonte: do Autor (2019).

Considere uma carga contínua de $-40,0\text{ kN/m}$ (peso próprio + lajes + paredes) atuando parte central da viga e uma carga de $-15,0\text{ kN/m}$ nas sacadas (peso próprio + laje). A partir dessa modificação, o que você responderia?

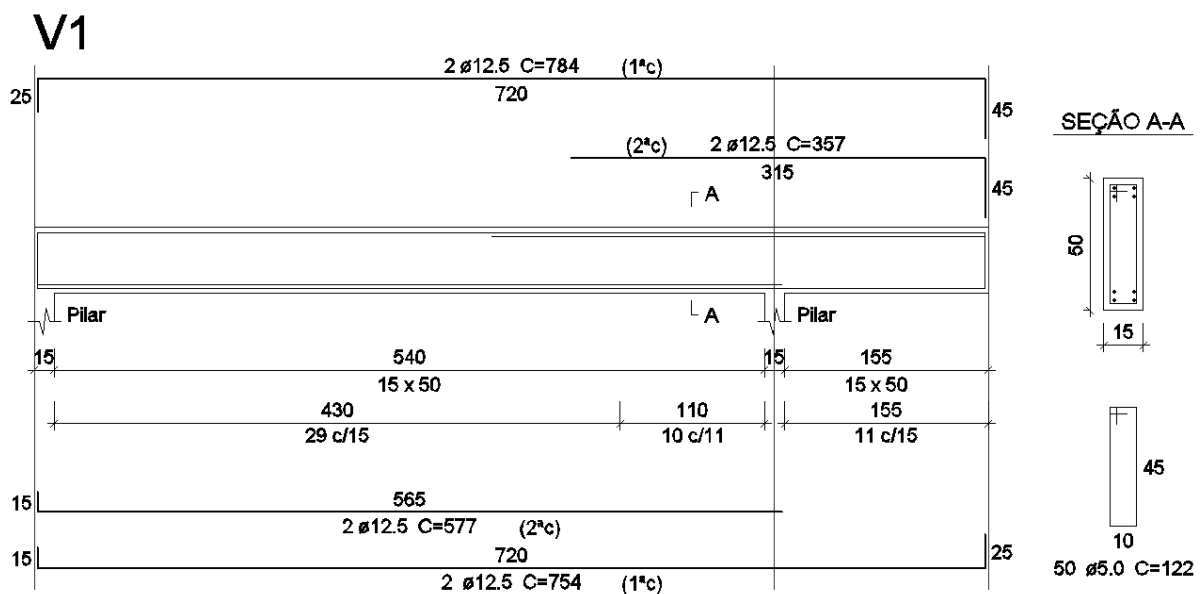
Questões pós- oficina

Participante número: _____

1) Qual a função da armadura positiva e negativa em uma viga de concreto armado?

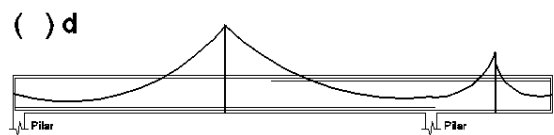
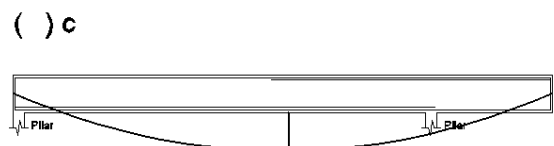
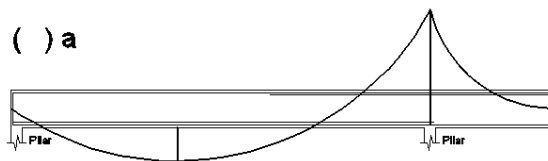
2) Para que servem os estribos em um uma viga?

3) A armadura da viga V1 foi calculada conforme a imagem abaixo.



Fonte: do Autor (2019).

Qual das alternativas a seguir melhor representa os momentos fletores que resultaram nessa armadura?



APÊNDICE C – Resumo dos dados

Tabela 10 - Dados dos participantes da Turma 1

Participante	Curso	Sem.	Nº Disciplinas	Exp. Prof (meses)	Exp. Softw (meses)	Pré 1	Pré 2	Pré 3	Atividade 2	Atividade 3	Atividade 4	Atividade 5	Pós 1	Pós 2	Pós 3
2	Eng. Civil	5	1	0	6	Certo	Errado	Errado	Incompleto	Incompleto	Incompleto	Errado	Errado	Errado	Certo
3	Eng. Civil	9	6	30	0	Certo	Errado	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo
5	Eng. Civil	6	4	0	2	Errado	Errado	Certo	Incompleto	Certo	Certo	Errado	Certo	Certo	Certo
6	Eng. Civil	4	1	0	6	Certo	Errado	Errado	Errado	Certo	Incompleto	Certo	Certo	Certo	Certo
10	Eng. Civil	5	1	8	6	Certo	Errado	Errado	Incompleto	Incompleto	Certo	Incompleto	Errado	Certo	Certo
13	Eng. Civil	6	1	24	6	Certo	Errado	Certo	Certo	Incompleto	Certo	Certo	Errado	Certo	Errado
15	Eng. Civil	3	0	0	0	Errado	Certo	Certo	Certo	Certo	Errado	Certo	Errado	Errado	Certo
16	Eng. Civil	4	2	0	6	Certo	Certo	Certo	Certo	Incompleto	Errado	Incompleto	Certo	Errado	Certo
17	Eng. Civil	9	5	0	6	Certo	Errado	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo
18	Eng. Civil	3	1	0	0	Certo	Certo	Errado	Certo	Incompleto	Incompleto	Certo	Certo	Certo	Certo
19	Eng. Civil	4	1	48	12	Errado	Certo	Certo	Incompleto	Certo	Incompleto	Certo	Certo	Certo	Certo
20	Eng. Civil	10	5	0	6	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Incompleto	Incompleto	Errado	Certo	Certo
21	Eng. Civil	7	4	6	4	Certo	Errado	Certo	Errado	Certo	Incompleto	Certo	Errado	Certo	Certo
24	Eng. Civil	5	1	0	0	Errado	Errado	Errado	Errado	Certo	Certo	Certo	Certo	Errado	Certo
25	Eng. Civil	6	1	5	6	Certo	Errado	Errado	Incompleto	Incompleto	Certo	Incompleto	Certo	Certo	Certo
26	Eng. Civil	3	0	0	0	Errado	Certo	Errado	Certo	Certo	Certo	Errado	Certo	Errado	Certo
27	Eng. Civil	9	5	24	12	Certo	Errado	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo
28	Eng. Civil	5	1	0	0	Errado	Errado	Errado	Errado	Certo	Incompleto	Incompleto	Certo	Errado	Certo
29	Eng. Civil	4	1	0	6	Certo	Errado	Errado	Incompleto	Certo	Certo	Certo	Errado	Errado	Certo
30	Eng. Civil	4	1	0	6	Certo	Errado	Errado	Incompleto	Certo	Incompleto	Incompleto	Certo	Certo	Certo
31	Eng. Civil	5	1	120	6	Errado	Errado	Errado	Errado	Incompleto	Incompleto	Certo	Errado	Errado	Certo
32	Eng. Civil	7	5	4	12	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Incompleto	Certo	Certo	Certo
33	Eng. Civil	5	1	24	12	Errado	Errado	Errado	Certo	Certo	Errado	Incompleto	Certo	Errado	Certo
34	Arq. Urb.	9	6	30	6	Certo	Errado	Errado	Incompleto	Incompleto	Incompleto	Certo	Certo	Errado	Certo
35	Eng. Civil	5	1	0	0	Errado	Errado	Errado	Errado	Certo	Certo	Certo	Certo	Errado	Certo

Fonte: do Autor (2019).

Tabela 11 - Dados dos participantes da Turma 2

Participante	Curso	Sem.	Nº Disciplinas	Exp. Prof (meses)	Exp. Softw (meses)	Pré 1	Pré 2	Pré 3	Atividade 2	Atividade 3	Atividade 4	Atividade 5	Pós 1	Pós 2	Pós 3
51	Arq. Urb.	2	2	0	0	Certo	Errado	Errado	Incompleto	Incompleto	Errado	Certo	Certo	Certo	Certo
52	Eng. Civil	8	2	120	6	Certo	Errado	Errado	Errado	Certo	Incompleto	Errado	Certo	Certo	Certo
54	Arq. Urb.	4	2	0	6	Certo	Errado	Certo	Certo	Certo	Incompleto	Errado	Certo	Certo	Certo
56	Arq. Urb.	2	1	0	2	Errado	Errado	Errado	Errado	Certo	Incompleto	Errado	Certo	Certo	Certo
57	Eng. Civil	5	1	0	6	Certo	Errado	Errado	Errado	Certo	Errado	Errado	Errado	Errado	Certo
61	Arq. Urb.	1	2	0	2	Certo	Errado	Errado	Certo	Certo	Errado	Errado	Certo	Certo	Certo
62	Eng. Civil	7	1	0	0	Certo	Errado	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Errado	Errado	Errado
63	Arq. Urb.	3	3	0	6	Errado	Errado	Certo	Errado	Certo	Incompleto	Certo	Certo	Certo	Certo
66	Arq. Urb.	3	2	1	6	Certo	Errado	Certo	Certo	Certo	Certo	Errado	Errado	Errado	Errado
67	Arq. Urb.	1	1	0	6	Certo	Errado	Errado	Errado	Certo	Errado	Certo	Certo	Certo	Certo
71	Arq. Urb.	1	1	0	2	Certo	Errado	Errado	Errado	Certo	Errado	Errado	Certo	Certo	Certo
72	Arq. Urb.	1	1	0	0	Certo	Errado	Errado	Errado	Certo	Errado	Errado	Certo	Certo	Certo
74	Eng. Civil	7	1	0	0	Certo	Errado	Errado	Errado	Certo	Certo	Certo	Errado	Certo	Errado
76	Arq. Urb.	3	3	2	12	Errado	Errado	Errado	Certo	Certo	Certo	Incompleto	Certo	Certo	Certo
77	Eng. Civil	3	0	0	0	Errado	Errado	Errado	Errado	Certo	Errado	Errado	Errado	Errado	Errado
79	Eng. Civil	1	0	0	0	Errado	Errado	Errado	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo	Certo
81	Arq. Urb.	5	1	0	6	Certo	Errado	Errado	Errado	Errado	Incompleto	Errado	Errado	Errado	Errado
84	Arq. Urb.	2	2	0	6	Errado	Errado	Certo	Errado	Incompleto	Errado	Incompleto	Certo	Certo	Certo
85	Arq. Urb.	2	2	12	6	Certo	Errado	Errado	Incompleto	Errado	Incompleto	Certo	Certo	Certo	Certo
86	Arq. Urb.	1	1	0	6	Certo	Certo	Errado	Incompleto	Certo	Errado	Errado	Certo	Certo	Certo

Fonte: do Autor (2019).

APÊNDICE D - Declaração de anuência

Autorizo que o pesquisador **Henrique Hickmann Sperb**, mestrando do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu do Mestrado Profissional de Ensino de Ciências Exatas, da UNIVERSIDADE DO VELE DO TAQUARI - UNIVATES de Lajeado – RS, desenvolva nesta Instituição sua pesquisa intitulada “O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE ENGENHARIA CIVIL PARA A VISUALIZAÇÃO DOS MOMENTOS ATUANTES EM MODELOS ESTRUTURAIS”, sob a orientação do professor Dr. Rogério José Schuck e que tem como objetivo geral investigar como um *software* de interação gráfica pode ajudar os estudantes do curso de Engenharia Civil a visualizar e antecipar o comportamento das forças atuantes em uma estrutura.

Ciente dos objetivos, métodos e técnicas que serão utilizados nessa pesquisa, concordo em fornecer todos os subsídios para seu desenvolvimento, desde que seja assegurado o que segue:

1. A garantia de solicitar e receber esclarecimentos antes, durante e depois;
2. Que não haverá nenhuma despesa para a escola que seja decorrente da participação nessa pesquisa;
3. O nome da instituição poderá ser utilizado para contextualização da pesquisa.
4. No caso do não cumprimento dos itens acima, a liberdade de retirar minha anuência a qualquer momento da pesquisa sem penalização alguma.

O referido projeto será realizado na Universidade do Vale do Taquari - Univates, campus Lajeado, na forma de uma oficina, ligada aos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil.

Data: ____/____/____

APÊNDICE E – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

A presente pesquisa, cujo título “O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE ENGENHARIA CIVIL PARA A VISUALIZAÇÃO DOS MOMENTOS ATUANTES EM MODELOS ESTRUTURAIS”, é desenvolvida pelo mestrando Henrique Hickmann Sperb, aluno do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas, da UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES. Tem como objetivo geral investigar como um *software* de interação gráfica pode ajudar os estudantes do curso de Engenharia Civil a visualizar e antecipar o comportamento das forças atuantes em uma estrutura.

Os resultados da pesquisa constituirão subsídios para produções científicas a serem encaminhadas para publicações e apresentadas em eventos da área. Pelo presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, declaro que autorizo a minha participação nesta pesquisa, pois fui devidamente informada sem qualquer constrangimento e coerção sobre os objetivos e instrumento de produção de dados que será utilizado, já citado neste termo.

Fui igualmente informado:

1. Da garantia de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento a qualquer dúvida acerca dos procedimentos relacionados à pesquisa;
2. Da garantia de retirar meu consentimento a qualquer momento;
3. Da garantia de que não serei identificada quando da divulgação dos resultados e que as informações obtidas serão utilizadas apenas para fins científicos;
4. De que, se existirem gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa, portanto não terei nenhum tipo de gasto previsto.

Este termo será assinado em duas vias, sendo que uma delas será entregue ao sujeito pesquisado e a outra será arquivada em local seguro pelo pesquisador. O responsável pela pesquisa é o mestrando Henrique Hickmann Sperb (Fone: (051) 99973 5875).

Lajeado, ____ de Maio de 2019.

Assinatura da participante da pesquisa

Assinatura do pesquisador

RG:

RG: 5105353113



UNIVATES

Rua Avelino Tallini, 171 – Bairro Universitário
Lajeado | RS | Brasil | CEP 95900-000 | Cx. Postal 155
Telefone: (51) 3714-7000 www.univates.br | 0800-700-809